



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

Diciembre 2011 | N° 21



Nutrición en caña de azúcar

Uso del análisis foliar



Fertilización de papa
en Argentina



Fitomonitorio.
Agricultura de precisión para
cultivos intensivos.



Manejo de la fertilización en
medios de cultivo sin suelo
y sustratos de crecimiento

Silos y Galpones para Fertilizantes



- Inmunes al ataque corrosivo
- Construidos con perfiles y chapas de plástico reforzado con fibra de vidrio
- Economía en el mantenimiento
- Resistencia y durabilidad a un costo competitivo

Para mayor información ingrese a www.cmeargentina.com



CME Argentina S.A.

Dirección:
Calle José Hernández No 370
(1619) Garín,
Provincia de Buenos Aires
Argentina

Teléfono:
(03327) 416051
(03488) 457077 / 476189

E-mail:
fabrica@cmeargentina.com
ventas@cmeargentina.com

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



Staff

FERTILIZAR Asociación Civil

Presidente

Pablo Pussetto (Profertil S. A)

Vicepresidente 1°

Fernando Bautista (MOSAIC S.A.)

Vicepresidente 2°

Jorge Bassi (Bunge Argentina S.A.)

Secretario

Eduardo Caputo Raffo (YPF)

Prosecretario

Camila López Colmano (Nidera S.A.)

Tesorero

Manuel Santiago (Bunge Argentina S.A.)

Protesorero

Marco Prena (ACA Coop. Ltda.)

Vocales Titulares

Federico Daniele (ASP)

Florencia Schneeberger (YARA)

Pedro Falthäuser (Bunge Argentina S.A.)

Mariano Scaricabarossi (MOSAIC S.A.)

Revisores de Cuentas

Francisco Llambías (Profertil S. A)

Guillermo Pinto (ASP)

Comité Técnico

R. Rotondaro

G. Deza Marín

L. Caballero

M. Palese

M. Díaz Zorita

G. Pugliese

G. Moreno Sastre

D. Germinara

O. López Matorras

M. F. Missart

Gerente Ejecutiva

M. Fernanda González Sanjuan

ACA
ASP
BUNGE
COMPO ARGENTINA
EMERGER
FÉLIX MENÉNDEZ
HELM ARGENTINA
KEYTRADE AG
MOSAIC
NIDERA
NITRAGIN
PROFERTIL
QUEBRACHITO
RASA FERTIL
STOLLER ARGENTINA
TIMAC AGRO ARGENTINA
TRANSAMMONIA
VALE
YARA
YPF S.A.

Asesor de Contenidos

Ricardo Melgar

Coordinación General

Paula Vázquez

Producción

FUSOR PUBLICIDAD

info@fusor.com.ar



Editorial

Les presentamos un nuevo número de nuestra revista, esta vez dedicada a la fertilización de cultivos regionales como la caña de azúcar y la papa, ya que consideramos que se debe implementar una estrategia de fertilización adecuada para potenciar los rendimientos de estos cultivos y a su vez cuidar el suelo en los distintos sistemas de producción de nuestro país.

Algunos de los temas que trataremos serán: la nutrición en caña de azúcar, donde haremos hincapié en el uso del análisis del suelo, una herramienta esencial de diagnóstico que permite que los productores de caña de azúcar tomen buenas decisiones económicas de fertilización y la fertilización de papa en Argentina, dando recomendaciones para implementar la tecnología en este cultivo en función de cada planteo, ya que por los suelos y climas diversos, bajo riego o en secano, las prácticas de fertilización no pueden generalizarse.

Otro de los temas que desarrollaremos será el de Fitomonitoreo. Se trata de sistema nuevo que permite controlar el riego y la nutrición en las operaciones de cultivo intensivo basado en datos recopilados por sensores, que miden la variación continua de parámetros continuos del crecimiento y desarrollo de las plantas y de otros que detectan variaciones de factores climáticos, edáficos o de riego, que afectan al cultivo mismo; así como también hablaremos del manejo de la fertilización en medios de cultivo sin suelo y sustratos de crecimiento, refiriéndonos al fertirriego.

Por otra parte, daremos recomendaciones de fertilización para tabaco, uno de los cultivos más importante del norte argentino junto con la horticultura y fruticultura. Y más específicamente del tabaco Burley, la segunda variedad más cultivada.

El último artículo que incluimos se refiere a la importancia del zinc, un micronutriente esencial para la salud, el desarrollo y el crecimiento normal de plantas, animales y seres humanos. Este es un tema clave ya que grandes áreas de tierra cultivable tienen deficiencia de zinc, ocasionando reducciones severas en la productividad de los cultivos y en la calidad nutricional de los alimentos. Todavía en muchos países, la deficiencia de zinc no se reconoce o se le da un menor valor, y no es atendida. En nuestro país, varios estudios han investigado la disponibilidad de este micronutriente en la región más productiva de granos.

Quienes formamos parte de FERTILIZAR desarrollamos de forma permanente acciones tendientes a alcanzar una óptima reposición de nutrientes. En este marco, estamos realizando una serie de ensayos de Fertilización de Pasturas junto con el IPCVA (Instituto para la Promoción de la Carne Vacuna), entre otras acciones.

Esperamos que la información que tratamos en este número les sea de valor para lograr mayores rendimientos y contribuir a una agricultura sustentable.

Ma. Fernanda González Sanjuan

Ing. Agr. Gerente Ejecutivo

Índice

REVISTA FERTILIZAR - Nº21 - Diciembre 2011



Nutrición en caña de azúcar.
Uso del análisis foliar.

05



Fertilización de papa
en Argentina

08



Fitomonitordeo.
Agricultura de precisión para
cultivos intensivos.

12



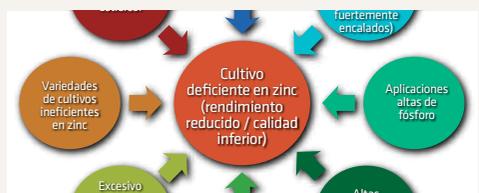
Manejo de la fertilización en
medios de cultivo sin suelo y
sustratos de crecimiento

17



Fertilización del
tabaco Burley

22



Zinc en los fertilizantes
La contribución a la solución
de un problema nutricional
mundial

25



Novedades & Eventos

33

Nutrición en caña de azúcar

Uso del análisis foliar

Mabry McCray, Ronald W. Rice, Ike V. Ezenwa, Timothy A. Lang, y Les Baucum



Un programa constante de análisis de suelo es una de las buenas prácticas de manejo (BMP) que permite que los productores de caña de azúcar tomen buenas decisiones económicas de fertilización. Sin embargo, los análisis de suelo tienen dos limitaciones. Primero, los análisis de suelo no están calibrados para el nitrógeno y algunos de los micronutrientes. En segundo lugar, las muestras del suelo se recogen rutinariamente solo antes de que se plante la caña de azúcar y raramente se muestrea el suelo entre las cosechas de caña soca. En general, las muestras de suelo no se recogen rutinariamente de campos adonde la caña de azúcar crece activamente y por la práctica de aplicar los fertilizantes en bandas en el surco a la

plantación, lo que hacen difícil obtener una muestra representativa del suelo.

El uso del análisis foliares conjuntamente con la evaluación visual de los síntomas de desordenes nutricionales puede complementar el programa de análisis de suelo y agrega la información adicional que mejorará decisiones de manejo de nutrientes. El análisis de hojas proporciona un cuadro del estado nutricional de la caña de azúcar al momento de muestrear, mientras que el análisis de suelo proporciona información sobre la posible provisión continua de nutrientes desde el suelo. El análisis foliar permite la detección temprana de problemas y así ayuda al productor a considerar una fertilización

suplementaria en el curso de la actual zafra o ajustar las dosis para el próximo año. También se utiliza para ayudar a diagnosticar un problema nutricional en un campo particular o un área localizada de un campo donde se ha observado crecimiento pobre u otros síntomas. Aunque un análisis foliar no proporciona las recomendaciones específicas de fertilización para un determinado nutriente, las deficiencias o los desbalances indican donde serán necesarias adicionales o modificar el programa de fertilización. El análisis foliar y el conocimiento de síntomas visuales pueden utilizarse junto con valores de análisis de suelo y datos históricos de aplicaciones de fertilizante y de rendimiento para tomar mejores decisiones de fertilización.

Interpretación de los valores del análisis foliar

Hay dos métodos para evaluar el estado nutricional de la caña de azúcar: El criterio del Nivel Crítico de Nutrientes y el del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación, o DRIS (por sus siglas en inglés).

Con el criterio de interpretación del “valor crítico” la concentración crítica de un nutriente es el punto en el cual el crecimiento se reduce entre un 5 y el 10% respecto del óptimo y por debajo del mismo, aparecen síntomas de la deficiencia visuales (Tabla 1). Este criterio también incluye el uso de un rango

óptimo, definido como el rango de concentración de nutriente que se considere óptimo para la producción. Dentro de este rango, un nutriente en particular no se considera que limite la producción.

El DRIS calcula índices nutrientes relativos a cero comparando las relaciones entre nutrientes foliares con los de una población de alto rendimiento. Este criterio incorpora una medida de la relación entre los nutrientes. También tiene la ventaja de no ser tan sensible al momento fenológico o etapa del crecimiento como en el caso del criterio del valor crítico, ya que los valores de la concentración de un elemento determinado varían rápidamente

con la edad del tejido. Así, el método DRIS permite una ventana de tiempo más amplia para recoger las muestras para el análisis foliar. [McCray y otros, 2006 (<http://edis.ifas.ufl.edu/SC075>)].

Los valores o índices obtenidos con los criterios del valor crítico o del DRIS varían si la nervadura central se remueve y separa de la lámina foliar muestreada antes del análisis. Los valores analíticos para la mayoría de los nutrientes son menores cuando se incluye la nervadura central en la muestra (Muchovej y otros, 2005). Normalmente se recomienda sacar la nervadura central durante el proceso de muestreo porque la mayoría de los valores críticos e índices

Tabla 1. Rangos y valores críticos de nutrientes para caña de azúcar. Hojas maduras

| Nutriente | Anderson | | Jones | | | | |
|----------------|---------------|--------------|------------|------|--------|------|--------|
| | Valor Critico | Rango Optimo | Deficiente | Bajo | Optimo | Alto | Exceso |
| | | | % | | | | |
| Nitrógeno (N) | 1.8 | 2.00-2.60 | 1.6 | 1.9 | 2 | 2.6 | < 2.60 |
| Fosforo (P) | 0.19 | 0.22-0.30 | 0.15 | 0.17 | 0.18 | 0.3 | < 0.30 |
| Potasio (K) | 0.9 | 1.00-1.60 | 0.9 | 1 | 1.1 | 1.8 | < 1.80 |
| Calcio (Ca) | 0.2 | 0.20-0.45 | 0.1 | 0.19 | 0.2 | 0.5 | < 0.50 |
| Magnesio (Mg) | 0.12 | 0.15-0.32 | 0.08 | 0.09 | 0.1 | 0.35 | < 0.35 |
| Azufre (S) | 0.13 | 0.13-0.18 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.18 | < 0.18 |
| | ppm | ppm | | | | | |
| Hierro (Fe) | ----- | 50-105 | 20 | 39 | 40 | 250 | < 250 |
| Manganeso (Mn) | ----- | 12-100 | 20 | 24 | 25 | 400 | < 400 |
| Zinc (Zn) | 15 | 16-32 | 15 | 19 | 20 | 100 | < 100 |
| Cobre (Cu) | 3 | 4-8 | 3 | 4 | 5 | 15 | < 15 |
| Boro (B) | 4 | 15-20 | 2 | 3 | 4 | 30 | < 31 |

Tabla 2. Relaciones de nutrientes para elaborar los índices DRIS. Los índices DRIS indican las deficiencias relativas; del nutriente más al menos limitante, y su interpretación es complementaria a la de rangos de suficiencia.

| | Relaciones o Ratios Entre Nutrientes | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | N/P | N/K | K/P | Ca/N | Mg/N | Ca/P | Mg/P | Ca/K | Mg/K | Ca/Mg |
| Media | 8.706 | 1.526 | 5.633 | 0.151 | 0.113 | 1.314 | 0.984 | 0.222 | 0.163 | 1.373 |
| CV % | 1.199 | 0.257 | 1.038 | 0.032 | 0.028 | 0.349 | 0.284 | 0.063 | 0.052 | 0.381 |



estándares se desarrollaron usando los métodos de muestreo de hojas sin la nervadura media.

Procedimiento de muestreo de hoja de caña para análisis foliar

Para asegurar un buen muestreo, se debe prestar atención a la organización y preparación antes de ir al campo, consiguiendo todos los materiales necesarios, principalmente bolsas de papel de un tamaño suficientemente grande como para acomodar las hojas enteras, o diarios adonde intercalar las hojas muestreadas para secarlas; preferentemente pre-etiquetarlas. Establecer un protocolo de muestreo y de etiquetado que sea fácil de seguir en el campo y en el laboratorio.

El muestreo de hojas se realiza durante el período de máximo crecimiento de la caña de azúcar (entre Enero y abril), entre 4 y 6 meses desde el último corte. Las muestras de hojas deben recogerse del tallo primario, no de los macollos o chupones, deben muestrear las plantas que sean representativas del área muestreada. Para recoger una muestra de hoja, elija la hoja más recientemente expandida, sosténgala cerca de la base, y extráigala de su envoltura con un movimiento hacia abajo. Evitar elegir plantas u hojas enfermas, con daños de insectos o de herbicidas ya que estas condiciones pueden afectar a niveles de nutrientes en las hojas, y la interpretación de resultados será errónea.

Se recomienda muestrear una única parcela representativa de un bloque, que tenga el mismo manejo es decir reciba los mismos factores de producción y de manejo, y adonde el crecimiento de la caña sea uniforme. Dos o más bloques pueden muestrearse como una unidad de manejo.

Las áreas localizadas dentro de un bloque o parcela que muestren crecimiento pobre o de otros síntomas inusuales pueden muestrearse por separado. Varias unidades de muestreo distintas se pueden identificar dentro de un solo bloque, basado en diferencias localizadas en drenaje, tipo del suelo, sanidad del cultivo, y/o estado general. Las muestras deben recogerse de plantas que estén al menos a 10 metros lejos del borde de la parcela o de la zanja de drenaje, y por lo menos a 20 m del extremo de la parcela, a menos que estas áreas en los límites sean motivo de alguna preocupación específica. Normalmente el suelo (pH, etc.) de los bordes de este perímetro se modifica con frecuencia por agregado de tierra removida de los canales y caminos, los que contienen materiales muy diferentes del resto del suelo del campo.

Se sugiere seguir un patrón de muestreo en V, recogiendo 16 a 20 hojas en dos localizaciones desde un extremo de la parcela. El patrón en V se logra comenzando en un lado de la parcela que se muestrea y se va avanzando a través de una o más filas mientras que se muestrea cada hoja de modo que se mueva diagonalmente a través del campo.



Se comienza a muestrear a 20 m de la bordura en una parcela típica, tomando una muestra cada 15 m, lo que tomaría aproximadamente 150 m en el bloque para conseguir las primeras 8 – 10 hojas antes de dar la vuelta y de recoger otras 8 hojas al regreso. Las dos submuestras de 16 – 20 hojas serán combinadas para lograr una muestra de 32 – 40 hojas para el análisis. Dependiendo de la uniformidad del bloque, puede decidirse recoger una muestra separada de un área particular de interés en la parcela.

Durante el proceso de muestreo es importante que las hojas no toquen el suelo. Luego del muestreo deben ser procesadas en el día. Colocándolas en la bolsa o mantenidas entre hojas de un diario. Este puede dejarse al sol por unos días durante el día, y retirarla durante la noche a un lugar cerrado para que el rocío no demore el oreado. Si el proceso no puede llevarse a cabo el mismo día pueden conservarse en heladera o frízer.

Luego del muestreo y antes del oreado o secado, deben removerse la nervadura central. Una vez removida la nervadura central, volver a colocar la hoja en la bolsa con su correspondiente identificación para enviar al laboratorio. Se recomienda enviar a un laboratorio reconocido solicitando análisis completo de macro y micronutrientes.

Fertilización de papa en Argentina

Ing. Ricardo Melgar



Dada las amplias zonas de producción de papa en el país, con suelos y climas diversos, bajo riego o en secano, las prácticas de fertilización no pueden generalizarse sin aportar datos específicos. Se acepta que la aplicación de nutrientes minerales se quiera para lograr la máxima producción económica. Demostrado

por experimentos de campo o por la práctica cotidiana de los productores, distintas cantidades se aplican anualmente de N-P-K a campos de papa, también, el agregado en exceso ha conformado grandes variaciones de fertilidad de campo a campo o aún en el mismo lote. Por lo tanto las recomendaciones generales no son más apropiadas o exactas. Con distintos grados de precisión se necesitan análisis de suelos previo y objetivos realistas de producción para generar los programas que maximicen la producción y a la vez minimicen los costos.

La superficie sembrada, con distintas variedades según las distintas zonas, se ha mantenido entre 85 a 90 mil has, adonde en el Sudeste de Buenos Aires se plantan unas 20-25 mil de las que un 30 % se destina a industria. En Córdoba entre de Semi-temprana, Semitardía y Tardía se siembra unas 40 mil has en total, y en Tucumán entre 9 y 10

mil hectáreas especialmente de papa temprana entre las principales regiones productoras.

Desde hace tiempo la superficie plantada ha ido disminuyendo, sin embargo, la producción total y el rendimiento del cultivo han experimentado importantes incrementos anuales como resultado de la creciente incorporación de tecnologías adecuadas. Los rendimientos reales promedio en la zona productora del SE de Buenos Aires se aproximan a 30 t /ha de tubérculos en peso fresco aunque algunos productores obtienen promedios de hasta 60 t/ha, y en algunos casos, los rendimientos se han elevado significativamente acercándose al potencial, como en la var. Spunta cosechada en el SE de la provincia de Buenos Aires que en la última campaña llegó a 80 - 90 t/ha. Aunque fueron casos aislados éstos tienden a generalizarse y demuestran el potencial

productivo de la zona. Algo similar se registró en Villa Dolores, en la que se destacaron lotes con riegos por aspersión (que no era común en esta región), con rendimientos de 35 a 40 t/ha en papa Semi-temprana.

Objetivo de rendimiento:

El total de nutrientes requeridos para satisfacer la demanda del cultivo depende de su producción total. Los objetivos de producción deben ser realistas y estimarse sobre la base del máximo alcanzada alguna vez en ese campo en particular y luego hacer ajustes desde ese punto. Normalmente debería estar dentro del 10 % de variación de ese campo en cuestión, considerándose la variación es que pudieran haber por ejemplo, nuevas variedades, mejor control de malezas, operación mas ajustadas en el tiempo, etc.

Recomendaciones de Fertilización

El manejo apropiado del N es la práctica más importante para lograr altos rendimientos y de alta calidad de grado comercial. La aplicación de dosis de nitrógeno debe basarse en los rendimientos esperados y considerar la extracción de 1 kg de N por cada t de tubérculos, menos los créditos que hubiera de N mineralizado (nitratos) residual, más el potencialmente mineralizable de la materia orgánica e inclusive el presente en el agua de riego deben considerarse.

El fósforo es con frecuencia el segundo nutriente más limitante y deben aplicarse los fosfatos basados en análisis de suelos. Con referencia al potasio existen grandes variaciones en las zonas productoras en el país. Según la zona puede ser suficientes (Balcarce) o deficiente (Malargüe). Micronutrientes

como el zinc o el hierro pueden, según la región, ser ocasionalmente limitantes.

Los requerimientos de nutrientes del cultivo de papa cambian con los estadios de crecimiento. La acumulación de materia seca en el cultivo de papa en función del tiempo enfatiza el rol de los tubérculos como destino de los carbohidratos asimilados (figura 1). No obstante, es de destacar que cuando el cultivo ha logrado acumular un 20 % de la materia seca, la asimilación de los nutrientes N, P y K en promedio, excede el 40 % del total acumulado en el ciclo del cultivo.

En la tabla 1 se observa la elevada cantidad de N y K necesarios en comparación con P, como así también la elevada proporción de estos nutrientes en los tubérculos. En cambio, las cantidades necesarias de micronutrientes necesarios para un crecimiento adecuado son muy pequeñas

Manejo del Nitrógeno

Considerando que los niveles de nitrógeno, de fósforo y de potasio son diferentes en cada campo, no hay un

grado ideal del fertilizante. Si el lote es muy alto en fósforo, un grado 1-0-1 del fertilizante puede ser ideal. En cambio si el lote tiene mucho potasio, un grado 1-2-0 puede ser apropiado como el del fosfato diamónico. El uso de un grado fertilizante muy alto en nitrógeno por ejemplo, en suelos muy altos en este nutriente, puede dar lugar desequilibrios de nutrientes que pueden reducir la producción y/o la calidad.

El nivel de nitrógeno en el suelo es muy dependiente de la estación del año y las condiciones previas de cultivo. Los cultivos tardíos, realizados sobre la producción semi-temprana anterior dejan el suelo con muy poco N y precisan dosis más elevadas que misma papa sembrada semi-temprana en el mismo lote.

El agua y el N son los factores que en general condicionan la productividad y la calidad de la producción de papa. Si el N se aporta en cantidad suficiente para un determinado ambiente se logrará el máximo rendimiento. Determinar el máximo con precisión no es probable dado que prever el aporte del suelo no es fácil y a su vez depende del clima, que condiciona la oferta de agua y de radiación solar. Ésta a su vez, depende de la fecha de siembra, que en latitudes más

Tabla 1. Rango de contenidos de macro y meso nutrientes en tubérculos y resto de la planta, para un rendimiento de 50 t/ha de tubérculos frescos. Echeverría, 2008]

| Nutriente | Kg/ha | |
|-----------|-----------|--------------------|
| | Tubérculo | Resto de la planta |
| Nitrógeno | 150 | 102 |
| Fosforo | 35 | 15 |
| Potasio | 219 | 75 |
| Calcio | 10 | 40 |
| Magnesio | 12 | 20 |
| Azufre | 12 | 12 |

altas (más al sur), se vuelve muy crítica porque es de gran amplitud. El beneficio conseguido por cada kg de N aplicado disminuye cuando se aproxima el rendimiento máximo, y la pérdida de rendimiento potencial ante variaciones de N son pequeñas. Altas tasas de fertilización nitrogenada tienden a retrasar la maduración del cultivo, y afectan el índice de cosecha por menor crecimiento inicial de los tubérculos. Además, se puede afectar la calidad industrial de los tubérculos. Es interesante observar como el agregado de N afecta la productividad y la calidad de los tubérculos, medido como materia seca, muy valorado por la industria, de dos variedades de papa (Suarez y otros, 2009).

Un elevado suministro de N durante el periodo inicial de crecimiento demora la formación de los tubérculos y deriva el crecimiento a las partes aéreas

vegetativas. La mejor decisión sobre si aplicar o no N durante la estación de crecimiento se realiza sobre la base de un análisis de tejido. El análisis de peciolo es una herramienta efectiva para manejar los requerimientos de N de la papa, en especial para realizar un ajuste con aplicaciones suplementarias. Los valores de N-NO₃⁻ del peciolo en papa deberían mantenerse en las 25,000 ppm hasta la iniciación de los tubérculos, y en el rango de 13,000 a 15,000 ppm durante el período de engrosado de los mismos.

Fósforo

Los niveles de fósforo y potasio son más estables en el suelo que los de N y no dependen de la condiciones climáticas. Por lo tanto un buen análisis de suelo cada dos años puede ser suficiente.

Una elevada concentración de P en el

suelo durante los estadios iniciales estimula el número de tubérculos iniciales. La planta absorbe P durante todo el periodo de crecimiento de los tubérculos, desde los días 35 a 95, a una tasa constante diaria de cercana a los 50 mg de P por planta. En los sistemas tradicionales de cultivo de papa, el P normalmente se aplica junto con el K como fertilización de base durante la preparación del suelo o al momento de la siembra.

En general si los lotes de producción son los mismos de siempre, y han sido fertilizado por mucho años con altas dosis de fosfatos diamónico, lo más probable es que se haya acumulado un valor que cotejado con los análisis de suelo pueda interpretarse como alto. Sin embargo puede ser que algunos aun sean pobres debido a que la erosión ha ocasionado perdidas. El análisis es la única forma práctica para

| Objetivo | P - Bray ppm | | | | | |
|------------|--------------|--------------------------------------|------|-------|-------|-----|
| Producción | <6 | 6-8 | 9-11 | 12-16 | 17-24 | >25 |
| | | kg P ₂ O ₅ /ha | | | | |
| 30 t/ha | 100 | 80 | 70 | 60 | 40 | 0 |
| 45 t/ha | 120 | 100 | 90 | 70 | 60 | 0 |

En Dakota del Norte, EEUU, con niveles de suelo calibrados para Olsen se utiliza la tabla siguiente

| Objetivo | N requerido | Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
|------------|-----------------|----------|--------------------------------------|-------|-------|----------|
| Producción | Suelo | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 16-20 | + 20 |
| t/ha | + Fertilizantes | | kg P ₂ O ₅ /ha | | | |
| 20 | 80 | 110 | 80 | 50 | 20 | 0 |
| 35 | 120 | 140 | 100 | 60 | 20 | 0 |
| 50 | 160 | 170 | 120 | 80 | 30 | 0 |
| 75 | 200 | 180 | 130 | 80 | 30 | 0 |

determinar el nivel de nutriente. El Ing. Echeverría del INTA Balcarce da la siguiente tabla como base para la recomendación de aplicación de fosfatos, Estos valores son para aplicaciones al voleo e incorporadas.

Dado que el movimiento de fósforo y potasio es muy poco en el suelo, es posible aumentar o acumular los niveles disponible de estos nutrientes en el suelo. Aplicar aproximadamente 20 kg/ha de P₂O₅ aumentará en una ppm el nivel de P del suelo; es decir si su análisis es 5 ppm y quisiera llevarlo a 12, debería aplicar unos 140 kg / ha de P₂O₅ (~ 300 kg de 18-46-0) que mezcladas en los 15 cm superiores de suelo levantará el nivel del análisis en aproximadamente 7 ppm. De manera similar, aproximadamente el uso de 10 kg/ha de K₂O aumentará el análisis de potasio en una ppm.

El fertilizante aplicado al momento de la plantación no debería estar en contacto con la papa semilla. La colocación recomendada en suelos de fertilidad muy baja es en dos bandas, cada una separado al menos 5 cm al costado y 5 cm debajo de la papa semilla. También, no obstante es posible aplicar al voleo e incorporar con la última labranza en suelos de fertilidad media o baja.

Fertilización con potasio

El potasio se acumula principalmente en las hojas superiores y ramas hasta el fin del estadio de crecimiento vegetativo a una tasa de 128 mg de K por día. Durante el periodo de formación de los tubérculos éstos absorben K del suelo e importan K de las ramas para su desarrollo a una tasa de 60 mg por planta por día. El potasio se acumula en los tubérculos durante el periodo de crecimiento completo siendo alimentado tanto desde las partes vegetativas como por la absorción directa del suelo.

En general los suelos de gran parte de la región pampeana son naturalmente altos de potasio intercambiable o disponible, pero nuevamente, suelos en áreas de producción más arenosos pueden tener bajos niveles y responder a aplicaciones de potasio. Abajo se muestra una tabla de recomendación de potasio como K₂O utilizada en Dakota del Norte.

Hay algunas evidencias experimentales que el sulfato de potasio aumenta algo el peso específico por sobre otras fuentes de potasio. Pero en general la respuesta de la producción a las distintas fuentes han sido inconsistentes pero en general las diferencias son muy pequeñas. Por lo que la fuente no se considera importante.

Referencias

Dahnke, W. C.; C. Fanning, y A. Cattanach. 1992. Fertilizing Potato. North Dakota State Univ. SF-715 (Revised), October 1992 . <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/soilfert/sf715w.htm>

Cantos de Ruiz, S.T.; Andrade F.H. y Mendiburu A. 1989. Rendimiento potencial del cultivo de papa en Balcarce, causas que limitan la productividad real. Revista Latinoamericana de la Papa. 2:29-45 29.

Suárez L.; Giletto C.; Rattín J.; Echeverría H. y Caldiz D. 2006. Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de tubérculos en papa para industria. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta-Jujuy, 19-22 de Septiembre de 2006.

Bouzo C. A. 2009. El Cultivo de la Papa en Argentina. Curso: Cultivos Intensivos II. Univ. Del Litoral. <http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2009/04/cultivo-de-papa-en-argentina.pdf>

Rosen, Carl J. 1992. Potato Fertilization on Irrigated Soils. University of Minnesota. <http://www.extension.umn.edu/distribution/cropssystem/dc3425.html>

Davis, J.D. ; R.D. Davidson y S.Y.C. Essah. 2009. Fertilizing Potatoes no. 541. Colorado State University

| N requerido | Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
|-----------------------|----------|------------------------|--------|---------|----------|
| Suelo + Fertilizantes | 0-40 | 41-80 | 81-120 | 121-160 | 161+ |
| kg N/ha | | kg K ₂ O/ha | | | |
| 20 | 80 | 130 | 80 | 30 | 0 |
| 35 | 120 | 160 | 100 | 30 | 0 |
| 50 | 160 | 200 | 120 | 40 | 0 |
| 75 | 200 | 210 | 130 | 40 | 0 |

Fitomonitorio

Agricultura de precisión para cultivos intensivos

PHYTEC Ltd.

El fitomonitorio es un sistema nuevo que permite controlar el riego y la nutrición en las operaciones de cultivo intensivo basado en datos recopilados por sensores, que miden la variación continua de parámetros continuos del crecimiento y desarrollo de las plantas y de otros que detectan variaciones de factores climáticos, edáficos o de riego, que afectan al cultivo mismo; a éstos se los llama parámetros ambientales.

El objetivo de los sistemas de monitoreo es recoger y presentar información acerca de las respuestas fisiológicas de un cultivo al manejo agronómico al que está siendo sometido, y al medio ambiente en el que está creciendo, para obtener conclusiones sobre: tratamientos, control de clima, del riego y nutrición y manejo agronómico en general.

Con este sistema cualquier falla en el cultivo puede ser detectada en cuestión de minutos a través de alarmas, y permite adoptar soluciones de manera inmediata. Con los sistemas modernos de recopilación y transmisión de datos, se pueden observar las variables desde una oficina o centro de trabajo.

Los sensores toman datos a determinados periodos de tiempo según el programa y se envían por cableado o sistemas inalámbricos a un controlador. También, pueden descargarse

directamente a una computadora o procesador. El procesador interpreta esos datos que se transforman en gráficos (o un informe de resultados diarios), lo que haya crecido o disminuido los frutos, las cantidades de agua que hayan evaporado las plantas, etc., parámetros que son totalmente programables por lo que el usuario indique.

El Fitomonitor es un equipo desarrollado en Israel hace menos de 10 años, que integra una estación agrometeorológica (medición de parámetros externos a la planta) con sensores tales como medidores de la humedad del suelo, temperatura de la hoja y diámetro del fruto, ramas y tronco (parámetros propios de la planta). El equipamiento para la transmisión remota de los datos y el soporte computacional necesario para su análisis también forman parte del instrumento.

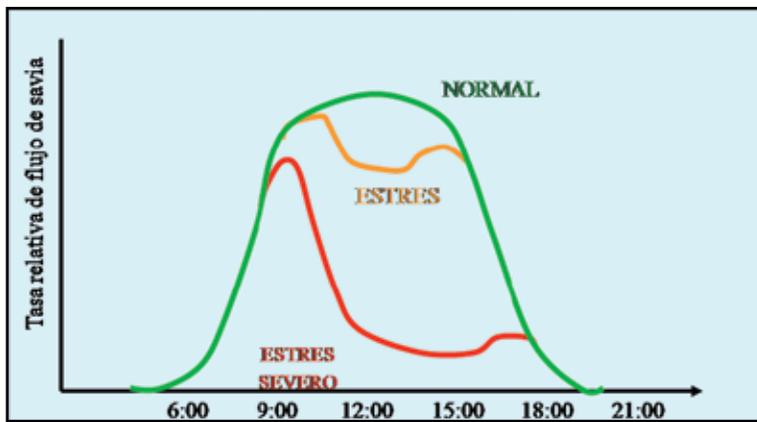
El fitomonitorio es una técnica basada en la microelectrónica y la informática, que permite conocer en tiempo real el estado hídrico de la planta de una forma no destructiva, a través del registro de las respuestas anatómicas y fisiológicas de diversos órganos de las plantas, frente a las condiciones medioambientales y de manejo agronómico. Con el uso del fitomonitorio, la programación del riego puede efectuarse en tiempo real, si se dispone continuamente de los datos del estado hídrico del suelo y de los datos meteorológicos y estimaciones de la demanda de evapotranspiración del cultivo, sobre la base de registros continuos de la evapotranspiración potencial (ET_o).

El sistema

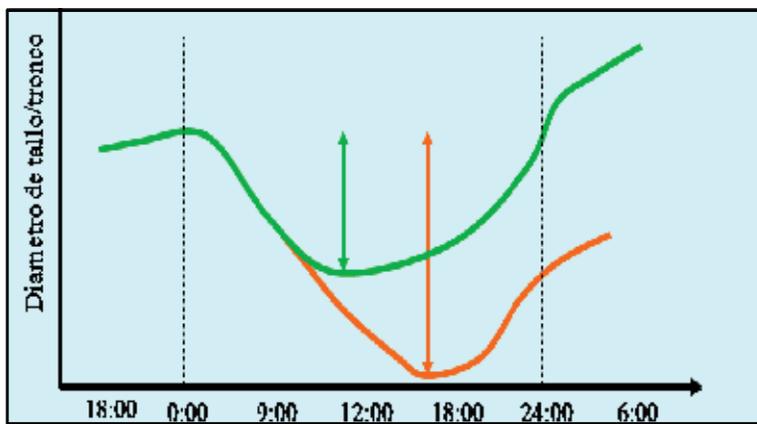
Un sistema de fitomonitorio implica un grupo de sensores ambientales y otro de crecimiento y desarrollo.

Figura 1. Esquema de un sistema de fitomonitorio

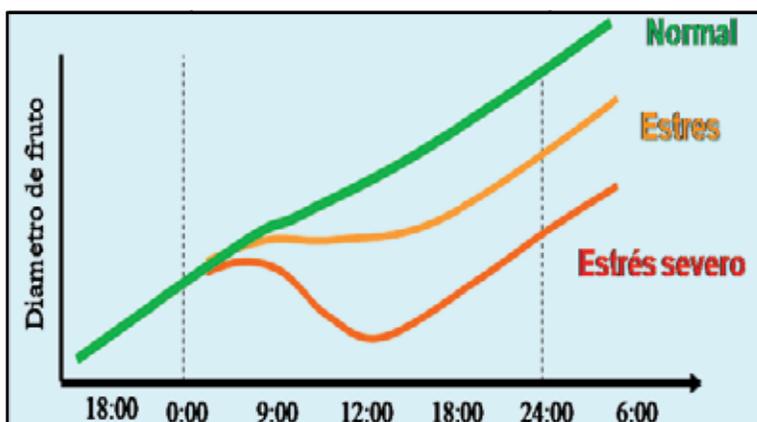




Sensor de diámetro de tallo



Sensor de crecimiento de fruto



Sensor de flujo de savia

Figura 2. Indicadores básicos de los sensores de crecimiento y desarrollo: Evolución diaria de la velocidad de flujo de savia, variación diaria del diámetro del tallo, o del tronco, y del diámetro del fruto.



Sensor de crecimiento de fruto



Termometro de Hoja



Sensor de flujo de savia

Ambos recolectan diariamente los datos y se integran en un software. Este interpreta la evolución de las variables más significativas y las relaciona con los factores ambientales.

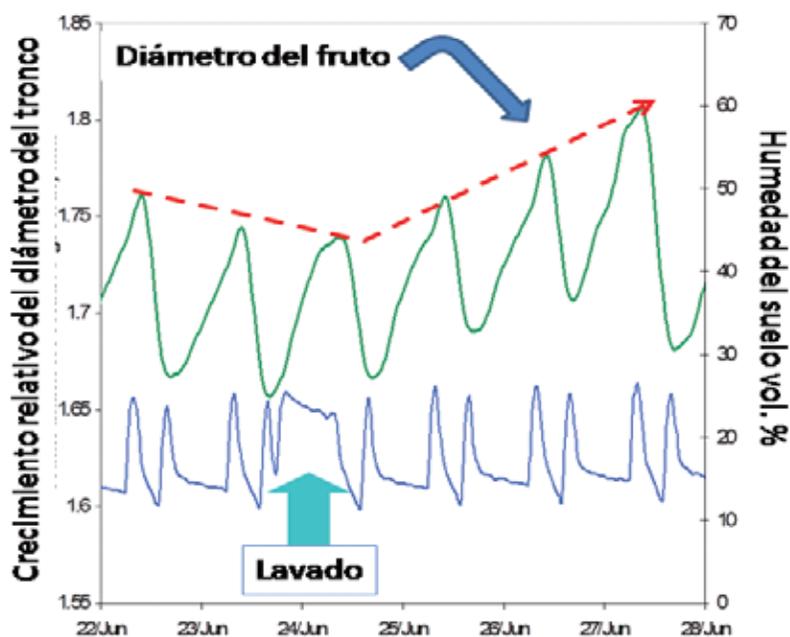
Entre los sensores “Ambientales”, se cuentan con medidores en tiempo real y continuo de: Humedad del suelo, temperatura, pH – RH, radiación, viento, caudal de agua de riego y lluvias entre los más importantes. Entre los sensores de crecimiento y desarrollo, los más importantes son para medir el crecimiento diario del fruto, del diámetro del tallo o del tronco (dendrómetro), de la temperatura de las hojas y del flujo de la savia (Figura 2).

Así, se pueden identificar problemas o validar hipótesis sobre la marcha del cultivo que permitan introducir acciones correctivas.

Las variaciones diarias del diámetro tanto del tallo o tronco como del fruto representan la combinación del contenido interno de agua y del crecimiento. Estas curvas manifiestan fluctuaciones del estado hídrico de la planta y del crecimiento y responden a los factores ambientales y sus efectos casi inmediatamente. Por ejemplo un rápido aumento de las condiciones de estrés hídrico, como ser un aumento de la temperatura o vientos y consecuentemente de la evapotranspiración, el diámetro del tronco y el tamaño del fruto responden reduciéndose o reduciendo su velocidad de crecimiento. Los desvíos de la tendencia del diámetro del tronco indican una respuesta perfecta al régimen de riego, de momento y caudal.

Uso en nutrición o problemas relacionados al fertirriego

Diagnóstico de un probable estrés de salinidad y control de su eliminación



Probable exceso de salinidad en el suelo debido a una alta CE del agua de riego y concentración de elementos tóxicos (Cloruro por ejemplo).

Se observaba una depresión de las velocidades de crecimiento del tronco y de los frutos, y no se identificaban otras razones como déficit hídrico o una excesiva sequedad del aire. El exceso de salinidad se reveló por las técnicas convencionales. Las fuentes de información fueron: a) CE del agua de riego, b) alta concentración de Cl, c) CE de la muestra de suelo, d) tendencia negativa del crecimiento del tronco. Además los intentos de ajustar el régimen de riego no habían tenido efecto. No había condiciones de sequía (El déficit de saturación de vapor diario <math>< 2.9 \text{ kPa}</math>).

El 24 de junio se aplicó un lavado con el triple del volumen de agua diario. Se observó enseguida una aparente reversión del diámetro del tronco, lo que se tomó como evidencia probable que el exceso de salinidad se había eliminado. Al comparar las tendencias de la evolución del crecimiento del tronco y de los

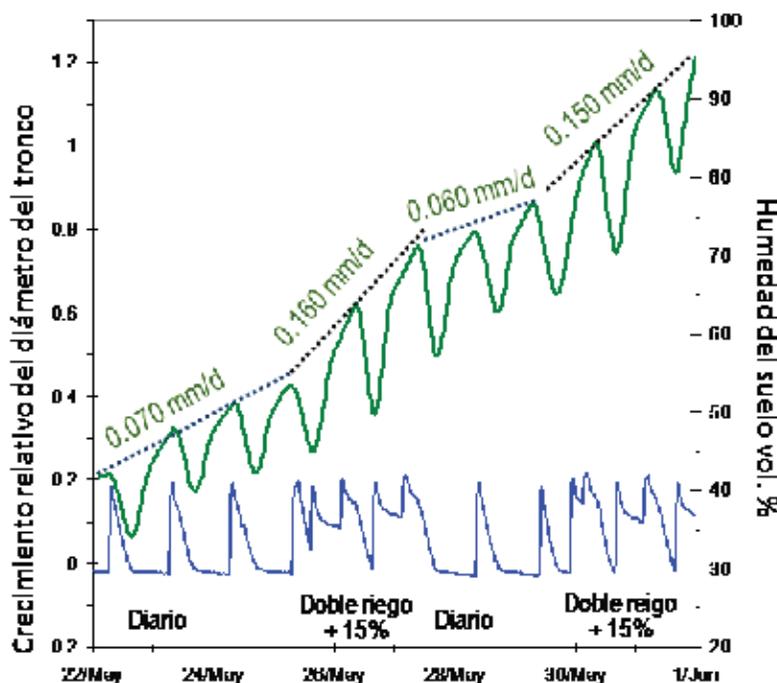
frutos de 3 días antes y después del lavado se observó visualmente en el gráfico la respuesta del cultivo. El cálculo realizado por el software indicaba una aceleración de la velocidad de crecimiento del tronco por arriba de 0.003 mm/día ,

lo que se consideró evidencia significativa de la eliminación del estrés de salinidad. La tasa de crecimiento del fruto demostró un efecto similar, acelerando su crecimiento desde 0.01 a 0.053 mm/día .

Ajuste y/o validación de un régimen de riego o de nutrición nitrogenada

Es posible verificar rápidamente, si el volumen de agua, o de nutrientes aplicados es satisfactorio para el crecimiento. Nutrientes de alto impacto en el crecimiento, como el nitrógeno o el potasio pueden rápidamente cambiar la dosis de aplicación, así como el caudal de riego.

En el ejemplo de abajo se muestra como se evaluó un régimen de riego aumentando el agua aplicada entre el 25 y el 28 de Mayo, al duplicar la frecuencia a dos riegos diarios con un 15 % más de agua por día. La tasa de crecimiento que resultó alcanzó el valor de 0.160 mm/día , es decir, un aumento de $+0.09 \text{ mm/}$





Panel de Control

día, casi 130% más. Para evaluar la consistencia del efecto, se volvió al régimen previo de riego por un par de días y la tasa de crecimiento se desaceleró a 0.60 mm/día. La vuelta al régimen de doble riego restituyó la elevada tasa de crecimiento de vuelta. El mismo análisis puede dar un cambio de concentración del K o del N aplicado en el fertirriego.

Conclusiones

El fitomonitorio es una herramienta útil para programar los riegos, ya que representa en tiempo real el estado hídrico de la planta y frutos. Permite realizar un ajuste de manejo de fertirriego y clima.

El crecimiento del fruto y tronco presenta oscilaciones diarias que responden a la variación del déficit de presión de vapor. La magnitud de las oscilaciones diarias de los diámetros de tronco y fruto depende del estado hídrico de la planta.

Las regresiones lineales simples del crecimiento de troncos y frutos con parámetros climáticos explican satisfactoriamente las variabilidades de los factores de manejo.

Entre los usos básicos del fitomonitorio se pueden realizar diagnósticos (incluyendo alarmas automáticas) y la evaluación de diferentes alternativas de manejo del agua, y de los nutrientes para optimizar el crecimiento.

Manejo de la fertilización en medios de cultivo sin suelo y sustratos de crecimiento

Uzi Kafkafi y Jorge Tarchitzky



Las plantas que se cultivan en recipientes como speedlings, o macetas para la preparación de plantines de especies comerciales u ornamentales para trasplante difieren de aquellas que crecen a campo en varios aspectos. Los recipientes limitan el desarrollo de las raíces y como consecuencia, los requerimientos de agua, oxígeno y nutrientes son mucho más intensivos.

Se utilizan varios medios de cultivo naturales y artificiales adecuados a las condiciones específicas locales, tomando en consideración las propiedades físicas y químicas requeridas para el cultivo de la especie en cuestión. Sin embargo la extracción de nutrientes de una zona limitada de raíces en el cultivo sin suelo necesita de un continuo reemplazo de las reservas de nutrientes. Por esa

razón, normalmente la nutrición de las especies se realiza con fertirriego y con riegos frecuentes y continuos.

El fertirriego frecuente mejora la absorción de nutrientes a través de dos mecanismos. Por el reemplazo continuo de los nutrientes de la zona de extracción en la vecindad de la interface de las raíces y por el mejor transporte de los nutrientes



disueltos por el flujo de masa, debido a un contenido promedio más alto de agua en el medio de cultivo. La frecuencia de fertirriego, la concentración de nutrientes y la relación entre ellos, así como el pH del agua de riego luego de la inyección de fertilizantes deben ser adecuados a las características del medio de cultivo.

Qué es un sustrato o medio de crecimiento

Un sustrato o medio de cultivo o de crecimiento es cualquier material sólido, diferente del suelo mismo en su sitio, natural o sintético, residuo de un proceso de producción industrial, mineral u orgánica, que se introduce en un recipiente, sólo o en mezcla y que permite el anclaje de las raíces de una planta. El sustrato puede participar o no de la nutrición de las plantas, es decir, ser químicamente activo o un material inerte. De acuerdo a su material de origen, los sustratos o medios de crecimiento se clasifican en:

Medio de crecimiento mineral

- Medio natural: obtenido de rocas o minerales sin tratamiento,

o por un tratamiento físico simple como el tamizado (por ej. arena, gravas o escoria volcánica).

- Tratados o transformados por tratamientos físicos o químicos. Por ejemplo: arcilla expandida, perlita (derivado de una roca volcánica silícea calentada hasta 1000°C), vermiculita (aluminio-silicato magnésico hidratado), y lana de roca que se obtiene de una mezcla de rocas basálticas, calcáreos y carbón fundidos en conjunto a 1600 °C).
- Residuos o sub productos industriales: briquetas molidas, carbón de altos hornos.

Medios de crecimiento orgánicos

- Fuentes naturales: Turbas de diferente origen botánico, musgos de turberas Sphagnum, acículas de pinos, hojarasca y restos semi-descompuestos de plantas leñosas.
- Sintéticos: Polímeros orgánicos, no biodegradables, obtenidos

por síntesis químicas (poliestireno expandido, urea-formaldehído y espumas de poliuretano).

- Residuos o sub-productos de actividades domésticas, industriales o agrícolas: (la mayoría debe ser compostada antes de usarla para obtener un material estable) cáscara de arroz, corteza de árboles, estiércoles, aserrín, fibra de coco, residuos de corcho, residuos municipales sólidos, barros cloacales tratados, etc.

Características de los medios de crecimiento

Características físicas deseables

- Alta retención hídrica para facilitar la disponibilidad de agua para las plantas
- Alto contenido de aire a baja tensión hídrica
- Distribución de tamaño de partículas que permita las condiciones (a) y (b)
- Baja densidad aparente para asegurar un sustrato liviano
- Alta porosidad para permitir una buena aeración



- Alta conductividad hidráulica para permitir un drenaje eficiente
- Proveer estabilidad de anclaje a las plantas
- Volumen constante, minimizando los cambios en el tiempo del medio de crecimiento debido a la contracción y la compactación.

Características químicas deseables

- Alta capacidad de intercambio catiónico
- Razonable nivel de nutrientes y capacidad de suministrarlos a las plantas
- Capacidad de regular y preservar un nivel de pH uniforme poder (“buffer”)
- Bajo contenido de sales solubles
- Los medios de crecimiento orgánicos deberían tener una baja relación C/N, estable con una baja tasa de descomposición.

Si bien es posible elegir el mejor sustrato según la disponibilidad y precio, de acuerdo a la situación particular, es bueno recordar que se puede usar un único medio de crecimiento, o bien, más

comúnmente, utilizar dos o más ingredientes que se complementen uno al otro, dando como resultado un medio de crecimiento que sea más efectivo que los componentes individuales con sus características balanceadas.

Aplicación del fertirriego

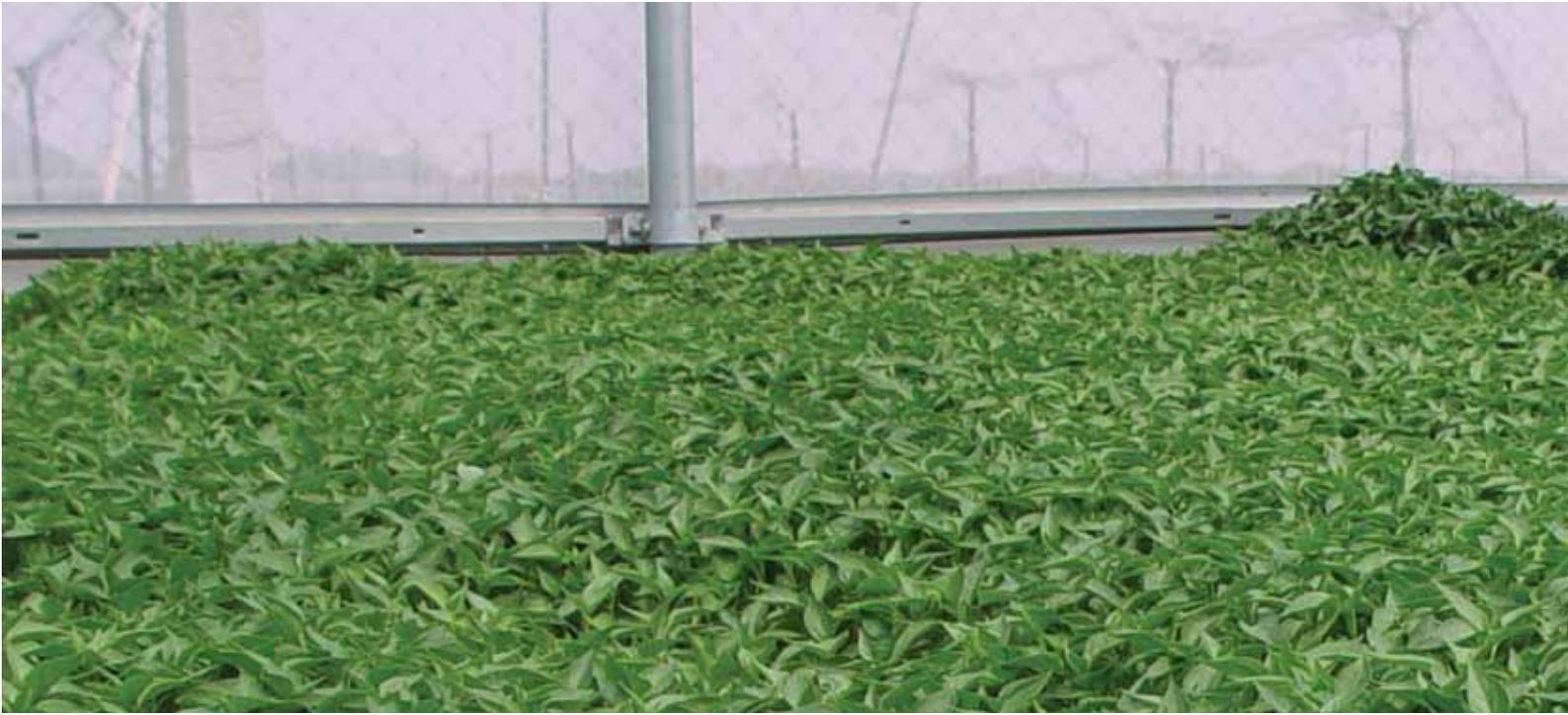
Dado que los medios de crecimiento pueden diferir ampliamente en sus propiedades químicas y físicas, éstas condicionan el régimen de fertirriego ya que los sustratos inorgánicos inertes y los orgánicos activos pueden tener requerimientos muy diferentes. Los sustratos inertes se caracterizan por una CIC casi nula, no tienen capacidad buffer o reguladora y no proveen nutrientes. El sistema de fertirriego para este tipo de sustrato debe ser muy similar al usado en hidroponía, proveyendo todos los nutrientes esenciales ausentes en el agua de riego, de modo que no es posible realizar un manejo tradicional de la fertilización con esta clase de sustratos. Sin embargo, como el sistema de fertirriego tiene que suministrar todos los nutrientes en las cantidades necesarias a través de todo el crecimiento - y esto es crítico - cualquier error o malfuncionamiento en el sistema puede causar daños al cultivo.

Manejo del pH

En los sustratos inorgánicos, el manejo del pH es una cuestión importante. El pH deseado de la solución en el medio debe elegirse debido a la falta de capacidad reguladora del medio, eligiendo la proporción y frecuencia de uso de fertilizantes ácidos o acidificantes que puedan reducir el pH a niveles peligrosos.

La frecuencia y cantidad de fertilizantes ácidos y acidificantes, debe calcularse tomando en cuenta la composición química del agua, y deben determinar la concentración máxima de fertilizante ácido permitido antes que ocurra una caída indeseable de pH en la solución del sustrato. Alternativamente, se pueden determinar los valores bajo condiciones de campo por titulación del agua con el fertilizante a utilizar en el programa de fertirriego y un indicador de pH.

Por otra parte, los medios de crecimiento orgánicos presentan las propiedades exactamente opuestas: Alta CIC, alta capacidad reguladora del pH del medio, y son normalmente mucho más estables. Por esa razón, los sustratos orgánicos son perfectamente capaces de



mantener el pH durante períodos de fallas en el sistema de fertirriego a diferencia de los medios de crecimiento inertes.

Como en general se usa una mezcla de materiales en el cultivo sin suelo, las propiedades químicas individuales deben considerarse en conjunto en la preparación del medio de crecimiento adecuado para las necesidades del cultivo en combinación con el fertirriego.

Elección de los fertilizantes

Los fertilizantes usados para medios de crecimiento inertes deben ser cuidadosamente elegidos considerando la calidad del agua (principalmente su concentración de bicarbonatos). Las interacciones entre el agua de riego y el medio de crecimiento determinan la composición de la solución del sustrato. Como resultado, es posible que si bien hay contribuciones de nutrientes al cultivo provenientes del sustrato, las reacciones pueden determinar la adsorción, fijación o precipitación de nutrientes aplicados, como ocurre con frecuencia con los fosfatos o cationes micronutrientes. Sin embargo, esto también puede ser una ventaja, ya que los medios

orgánicos de crecimiento son bien capaces de mantener las concentraciones apropiadas de nutrientes ante eventuales anomalías del sistema de fertirriego en contraste con los sustratos inertes.

La relación de nitrato a amonio en la fórmula de fertirriego también debe tomarse en cuenta. El N amoniacal disminuye el pH durante el crecimiento como consecuencia de la absorción del cultivo y por la nitrificación en el medio; el N de nitrato aumenta el pH durante la absorción. La ventaja de estos medios de crecimiento combinados con el fertirriego es la posibilidad de manejar la solución del medio de crecimiento casi conformando los requerimientos específicos del cultivo. Sin embargo, junto con esta gran ventaja potencial, acecha el peligro de fallas en los sistemas de irrigación y de fertirriego a causa de la falta de capacidad reguladora, la que puede cambiar rápidamente a condiciones extremas que causen daños irreversibles al cultivo.

La fuente nitrogenada y la relación amonio/nitrato

La fuente de N a aplicarse debe elegirse de acuerdo a la especie, y a las

condiciones de cultivo. Debido al importante rol del N y las reacciones de las diferentes fuentes de N en el sustrato, en particular los orgánicos, la mayor atención debería enfocarse en la nutrición nitrogenada. Los puntos clave para elegir el fertilizante nitrogenado específico relativo a las condiciones fisiológicas son:

- Sensibilidad del cultivo a la nutrición con amonio
- Rango de temperaturas en la zona radicular
- El estadio fisiológico del cultivo

Cuando se programa la nutrición de cultivos en macetas, en producción intensiva en invernáculos, el suministro diario de fertilizante nitrogenado dicta la forma de N que debe ser absorbido por las raíces de las plantas dado que la tasa de absorción debe ser más rápida que la de transformación por la actividad bacteriana.

Sensibilidad de los cultivos al amonio

Las diferentes especies vegetales responden de manera distinta a una fuente constante de suministro de N, hay plantas que normalmente son insensibles a la forma de N suministrada,



pero otras sufren con la presencia de amonio en la solución.

La razón de las diferencias encontradas entre las plantas en su sensibilidad al amonio resulta de la variación en la distribución del azúcar entre los tallos y las raíces. Las especies monocotiledóneas son menos sensibles a la concentración del N amoniacal que las plantas dicotiledóneas de hoja ancha, que son muy sensibles a la concentración de amoni

Temperatura en la zona radicular

La asimilación del nitrógeno en las plantas ocurre tanto en las raíces y como en las hojas. Cuando se absorbe el N como nitrato, entre el 70 y el 90% se transporta como nitrato a las hojas. En las hojas, el nitrato se reduce a amonio. En las hojas el amonio se combina inmediatamente con los azúcares, resultado de la fotosíntesis, para producir aminoácidos. El azúcar producido en las células foliares está muy próximo al sitio de su consumo y se utiliza así en la desintoxicación del amonio en la célula de la hoja. Cuando hay pobres condiciones para la fotosíntesis, (ej., varios días nublados con poca insolación o bajas

temperaturas, no hay suficiente azúcar para combinarse con el amonio y resulta en toxicidad del amonio en las hojas.

Por otra parte cuando se absorbe el N como amonio, éste se incorpora a la raíz metabolizándose totalmente consumiendo el azúcar que se transporta desde las hojas a las raíces por el floema. Por lo tanto, en las raíces tenemos dos destinos principales de consumo de los azúcares: (i) respiración de las células y (ii) metabolismo del amonio. Cuando la temperatura de la raíz aumenta, la concentración de azúcares se reduce debido al aumento en su consumo por la respiración de las células radiculares. Cuando el nivel del azúcar baja a un punto tal que ya no queda disponible para el metabolismo del amonio, se acumula amoníaco libre en las células radiculares, que es tóxico para su respiración y matando por lo tanto a las raíces. Estos resultados explican muchas fallas en los invernaderos durante períodos de crecimiento cálidos en el verano. Por lo tanto, con temperaturas cálidas del suelo, los nitratos sería una mejor opción para el fertirriego, en especial con volúmenes restringidos de crecimiento de raíces en macetas de invernaderos.

El estadio fisiológico de la planta

Cuando el amonio es la fuente de N, las concentraciones de Mg y de Ca en la planta son más bajas que cuando la fuente es el nitrato. Durante el crecimiento vegetativo, una leve reducción en la concentración del Ca y de Mg en el transporte del xilema dentro de la planta apenas se nota en plantas sensibles como el tomate o pimiento. Sin embargo, durante el desarrollo del fruto, la deficiencia del Ca inducida por el amonio puede causar una severa incidencia de la putrefacción basal (blossom end rot) en los frutos. Se ha sugerido que el amonio reduce la presión interna de la raíz, la que es responsable de la presión de turgencia y de la extensión del fruto durante la noche. Como el Ca se entrega al fruto en expansión por la presión radicular durante la noche, en presencia del amonio, menos Ca alcanza al fruto en desarrollo.

Fertilización del tabaco Burley

Hubert Savoy y Donald Fowlkes



El tabaco, es uno de los cultivos más importante del norte argentino junto con la horticultura y fruticultura cubriendo entre 80 y 90 mil hectáreas según el año. Los productores de todo el país (unos 25.000) se distribuyen en siete provincias (Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca, Misiones, Corrientes y Chaco). El tabaco Burley es la segunda variedad más cultivada luego del Virginia y cultivada en el norte argentino en varias provincias. En especial en Misiones y Tucumán, en el área de La Cocha, al sur de la provincia.

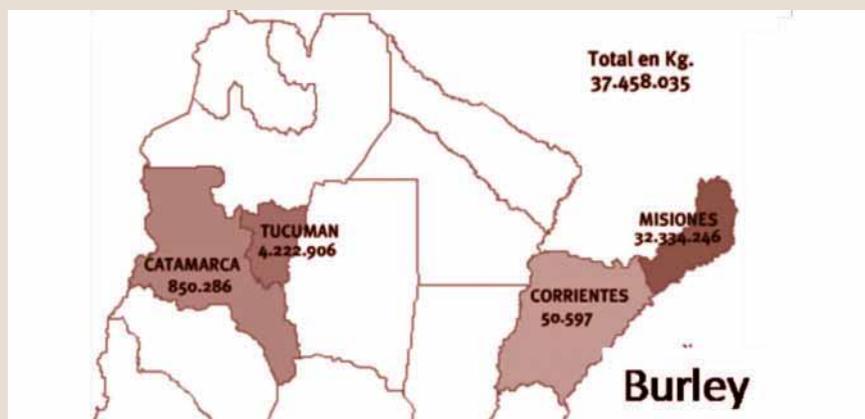
El tabaco Burley requiere relativamente grandes cantidades de fertilizantes para altos rendimiento y buena calidad de hoja. Al no necesitar la clorosis (amarillamiento) inducida por deficiencia de N propia del tabaco Virginia, se lo fertiliza mas generosamente con

nitrógeno y utilizando productos por separado en lugar de mezclas.

El nitrógeno, el fósforo y el potasio son los nutrientes necesarios en más cantidad por el tabaco del burley y los

más importantes para una buena producción de tabaco. Igualmente importante para la buena producción es el pH del suelo, que influencia fuertemente la eficiencia de los fertilizantes y el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Figura 1. Distribución de la producción de tabaco Burley, campaña 2005-2006. Min. Agricultura.



Nitrógeno

Dada las dificultades inherentes del uso del análisis de suelo como diagnóstico preciso de la necesidad de fertilizante nitrogenado, es que normalmente las recomendaciones sugieren aplicar cerca de 2/3 de las necesidades totales de N basadas en la extracción de un cultivo de alta productividad y complementar luego con una aplicación de N luego de unos treinta a cuarenta días después del trasplante. No obstante muchas veces hay derroche y baja eficiencia de uso, ya sea por falta de agua u otros nutrientes en cantidades suficientes.

De acuerdo con estimaciones a partir de investigaciones en distintos lugares de producción, la cantidad total de nitrógeno a aplicar al tabaco burley debe estar entre 150 a 250 kg/ha. Las dosis de 200 kg/ha son lo más común. Entre 25 a 50 kg/ha adicionales se aplican cuando el tabaco alcanza la altura de la rodilla y pueden ser muy necesarios en años de buenas precipitaciones al comienzo de la estación, especialmente en los suelos propensos a la lixiviación. La aplicación de cantidades excesivas de nitrógeno producirá exceso de crecimiento, retardo de la madurez, menor calidad, reducirá el pH del suelo y aumentará la presión de malezas y emisión de chupones.

Numerosas investigaciones han demostrado que a iguales dosis de nitrógeno aportado por distintas fuentes, si estas fueron aplicadas correctamente, los resultados son similares con sistemas convencionales de labranza. Por lo tanto, el precio por unidad de nitrógeno es la primera consideración al elegir la fuente de nitrógeno. Tabla 1

Tabla 1. Extracción de nutrientes por un cultivo de tabaco producido en Carolina del Norte (en kg por hectárea).

| Variedad | Rinde(Parte) | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg | S |
|----------|----------------|-----|-------------------------------|------------------|----|----|
| Virginia | 3,000 (hojas) | 85 | 15 | 155 | 15 | 12 |
| | 3,600 (tallos) | 41 | 11 | 102 | 9 | 7 |
| Burley | 4,000 (hojas) | 145 | 17 | 150 | 18 | 24 |



Fósforo

Debe aplicarse cantidades adecuadas de fosfatos para que el tabaco crezca y madure correctamente. Las dosis habituales de uso, cerca de 250 kg/ha por año de fosfato diamónico parecen ser excesivas, (~ 115 kg P₂O₅/ha); en particular para suelos de cultivo corriente con tabaco, ya que el fósforo no se lixivia sino que tiende a acumularse. La práctica corriente en áreas tabacaleras de EEUU indican dosis entre 60 a 150 kg/ha de P₂O₅ según los análisis de suelos.

Potasio

El tabaco requiere altos niveles de potasio. Las recomendaciones se extienden a partir de 120 kg/ha de (K₂O) por hectáreas para suelos de buena disponibilidad a 300 kg /ha para suelos de baja disponibilidad, medidos por el análisis de suelo. Dado que cantidades excesivas de cloro en tabaco retarda el proceso

| Nutriente | Nivel análisis de Suelo | | | |
|------------------|-------------------------|-------|------|----------|
| | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
| Fosfatos (kg/ha) | 150 | 90 | 60 | 0 |
| Potasio (kg/ha) | 300 | 180 | 120 | 0 |

de curado y reduce la calidad del producto manufacturado, el potasio en fertilizantes para tabaco debe ser aplicado como sulfato en lugar de cloruro o muriato.

Encalado

Un rango de pH entre 6.1 y 6.5 es lo más deseable para suelos para cultivo del tabaco Burley. Si el pH desciende por debajo de 5.6, es probable que aparezca toxicidad de manganeso y se convierta en un problema. Los suelos con un pH excesivamente alto aumentan el riesgo de problemas como putrefacción de raíces, y pueden inducir deficiencias de nutrientes menores como el boro. Así, los suelos deben encalarse basados en resultados de análisis de suelo para mantener el pH dentro del rango deseado. Cuando ocurre toxicidad de manganeso, las hojas se vuelven de color verde pálido, y se desarrolla un color verde -amarillento entre las nervaduras más grandes de las hojas. Las extremidades de las hojas más bajas o inferiores son generalmente las primeras en demostrar los síntomas. En los casos más severos, se desarrollan numerosos puntos muertos en las hojas y las plantas se marchitan. La toxicidad de manganeso es un problema común en tabaco burley en muchas regiones productoras. No obstante, es fácil de corregir y de prevenir.

Para corregir condiciones de suelos ácidos y prevenir la toxicidad de manganeso, debe aplicarse uniformemente la cantidad recomendada de cal agrícola regularmente e incorporarse con las labranzas en el otoño o en cualquier momento antes del trasplante. En un estudio en Tennessee, la producción de tabaco aumento 680 kg/ha cuando se encalo el suelo ácido antes del trasplante. Aplicar la cal en campos ácidos después de que se haya establecido el tabaco es muy difícil y generalmente ineficaz para la mejora del cultivo actual.

El monitoreo del estado nutricional de N en tabaco Burley

Para mejorar el monitoreo de las necesidades complementarias de nitrógeno, se evaluaron herramientas más conocidas en los cultivos de maíz o trigo, diseñadas para evaluar el efecto de dosis de nitrógeno en el rinde total de tabaco. El experimento evaluó el uso de las técnicas de monitoreo de N durante la temporada de cultivo que tan bien podían predecir la producción. El 1er año fueron evaluados cinco tratamientos pre trasplante de nitrógeno (0, 67, 135, 202 y 270 kg/ha) junto con dos tratamientos de nitrógeno complementario (0 y 67 kg de N/ha) aplicado tres semanas después del trasplante. Al año siguiente las dosis de pre trasplante se redujeron a cuatro eliminándose la dosis más alta de 270 kg de N/ha, mientras que ese año se utilizaron cuatro variedades. Las técnicas de monitoreo fueron a) el análisis de N-NO₃ post-trasplante, muestreando antes de aplicar los tratamientos de N complementario b) un medidor portátil de nitratos en planta Cardy®, y c) un clorofilómetro. Las evaluaciones con el clorofilómetro y con el Cardy® fueron realizadas a) al momento de la aplicación complementaria, b) al tiempo del despunte y c) a la cosecha. Las muestras de suelo para el análisis post-trasplante.

Los rendimientos fueron optimizadas a la dosis de nitrógeno total de 135 kg/ha. Un modelo cuadrático de la meseta fue utilizado a los niveles críticos resueltos para la producción que predecía de PSNT y del nitrógeno total. La producción relativa se niveló en 95.3 % a la dosis de nitrógeno total de 205 kg/ha aplicado. Se estableció para tabaco Burley un nivel crítico de N-NO₃ de nitrato del suelo de 46.4 ppm (o 10 pm de N-NO₃). De los métodos usados para evaluar el estado del N del tabaco Burley, el nitrógeno total aplicado fue el mejor estimador de producción. No obstante el análisis de nitratos de post-trasplante para distintos tipos del suelos demostró ser la medida más confiable como herramienta de gestión de nitrógeno complementario que las evaluaciones de nitratos del pecíolo durante el periodo de crecimiento con el Cardy®, que diferenciaron las dosis de nitrógeno pero no se relacionaron con el rendimiento. Las medidas del clorofilómetro tampoco se correlacionaron con las dosis de nitrógeno ni con los rendimientos.

Frame, W.H. 2009. Soil and Plant Monitoring of Nitrogen as Management Tools for Nitrogen Fertilization and TSNA Reduction in Burley Tobacco. MsSc Thesis. NCSU. North Carolina

Zinc en los fertilizantes

La contribución a la solución de un problema nutricional mundial

Internacional Zinc Association (IZA) y Asociación Latinoamericana del Zinc (LATIZA)



“La deficiencia de Zinc en los cultivos es un problema global que reduce el rendimiento de las cosechas y el estatus nutricional...” “Un tercio de la población mundial está bajo riesgo de padecer deficiencia de zinc, en ciertos países en rangos del 4% al 73% de sus habitantes...” “Frecuentemente las áreas con deficiencia de zinc en suelos, también son las regiones en donde la falta de zinc en los humanos está más generalizada...” “De acuerdo al Consenso de Copenhague, el zinc y la vitamina A pueden tratar efectivamente el problema de nutrición humana considerado como el número uno que enfrenta el mundo..”

Introducción

Desde hace años la deficiencia de zinc en humanos, ganado y cultivos, se ha reconocido como un asunto crítico por nutricionistas, médicos y

Tabla 1: Sensibilidad relativa de los cultivos a la deficiencia de zinc

| Alta | Media | Baja |
|------------------------------|---------------------|------------|
| Poroto | Cebada | Alfalfa |
| Cítricos | Algodón | Espárragos |
| Lino | Lechuga | Zanahoria |
| Frutales de hoja caduca | Papa | Trébol |
| Uva | Soja | Pastos |
| Lúpulo | Pasto Sudan | Avena |
| Maíz | Remolacha azucarera | Arvejas |
| Cebolla | Rábano Centeno | |
| Pecan | Tomate | |
| Arroz | | |
| Sorgo | | |
| Trigo | | |
| Modificada por Alloway, 2008 | | |

agrónomos. Sin embargo, recientemente ha recibido mayor atención por otros grupos, incluyendo economistas y sociólogos, que reconocen que este es un problema nutricional global con implicaciones significativas en temas de salud, sociales y económicos. Se estima que cerca de la mitad de la población mundial tiene deficiencias de zinc, causando numerosas complicaciones de

salud, incluyendo daños al sistema inmunológico y funciones mentales. Se estima también que cerca de la mitad de los suelos agrícolas del mundo son deficientes en zinc, lo que lleva a reducciones de rendimientos de cultivos y de su valor nutritivo.

Adicionalmente, el consumo de alimentos basados en cereales, que son

típicamente bajos en zinc, contribuye hasta un 70% de la ingesta diaria de calorías en la mayoría de los países en desarrollo, lo que resulta en la permanencia de la deficiencia de zinc en estas poblaciones (Cakmak, 2008).

Esta relación directa entre la distribución de los suelos deficientes en zinc y la incidencia de la falta de zinc en la población humana, puede ser tratada con el uso de fertilizantes portadores zinc. Como parte de una recomendación de fertilización balanceada para los suelos agrícolas, el agregado de zinc incrementa la producción de cultivos y su estatus nutricional (ejemplo: mayores niveles de zinc disponible para consumo humano y animal). Esto puede beneficiar a todos los involucrados, desde el productor agrícola quien tendrá mayor rentabilidad por incrementar sus rendimientos, los engor-dadores de distintas cadenas de carnes (avícola, porcina, bovina) hasta las familias que obtendrán más zinc en su dieta.

Los suelos deficientes en Zinc, la causa original de deficiencia de Zn en los cultivos

Hoy, se estima que el 50% de los suelos agrícolas destinados al cultivo de cereales son potencialmente deficientes en zinc. Más de dos terceras partes del arroz cultivado en el mundo son producidos en suelos inundados, que generalmente contienen muy baja cantidad de zinc disponible para las plantas. El trigo se cultiva extensivamente también en suelos alcalinos, calcáreos, con baja materia orgánica en regiones semiáridas en varias regiones del mundo. Estos suelos y las condiciones climáticas, conllevan a que haya menos zinc disponible para la absorción y uso de la planta. Bajo condiciones de suelos deficientes en zinc, las plantas muestran una

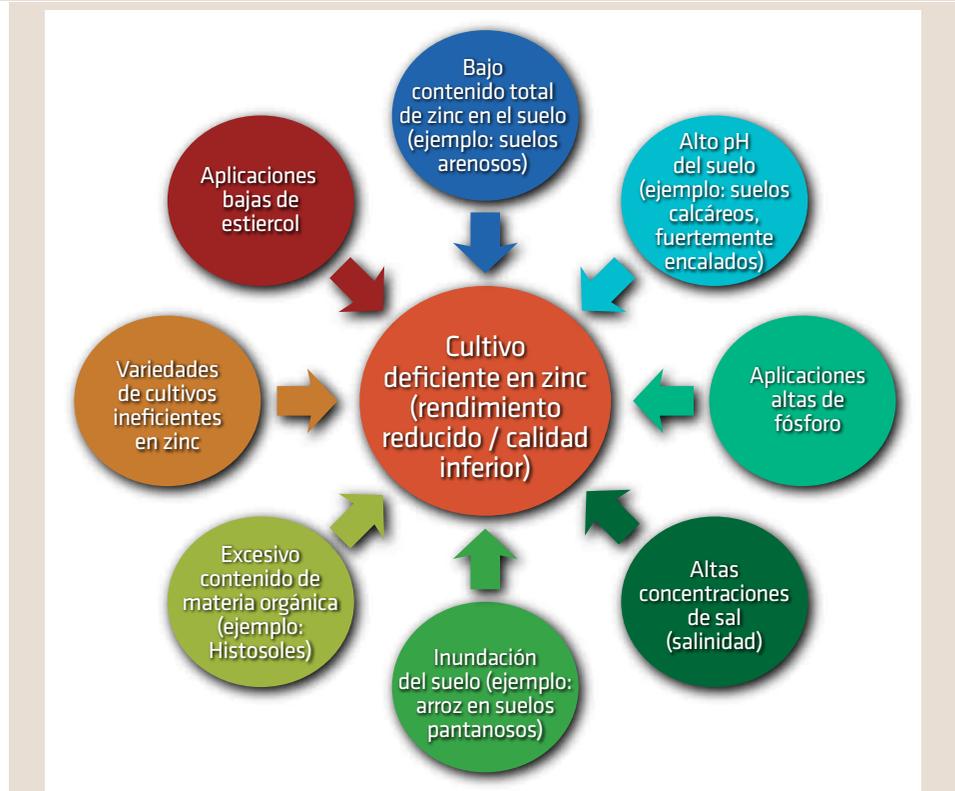


Figura 2. Diagrama Esquemático de las causas de deficiencia del zinc en cultivos.

alta susceptibilidad a los factores de estrés del medio ambiente, tales como la sequía, alta temperatura e infecciones patológicas, que estimulan el desarrollo de la clorosis y necrosis en las hojas, causando un retraso en el crecimiento (Figura 2).

La alta incidencia de suelos deficientes en zinc en la mayoría de las zonas agrícolas limita severamente la productividad agrícola. Por lo tanto, los fertilizantes de zinc pueden hacer una contribución significativa hacia el objetivo de obtener mayores rendimientos de una manera sustentable y ambientalmente responsable. De manera simultánea, los fertilizantes de zinc pueden mejorar la concentración de este microelemento en el grano y por lo tanto, contribuir grandemente a la ingesta diaria de zinc de la población humana.

Un estudio para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) realizado por Sillanpää encontró que entre los

micronutrientes, la deficiencia de zinc era la más común del mundo. El estudio, que examinó 190 campos experimentales en 15 países, encontró que esta problemática Alloway 2008 ocurre en uno de cada dos experimentos.

La deficiencia de zinc en los cultivos alimenticios reduce el rendimiento y su valor nutricional. El zinc es uno de los ocho microelementos en trazas que las plantas requieren para un normal crecimiento y reproducción. Cerca del 10% de todas las proteínas en los sistemas biológicos necesitan al zinc para sus funciones y estructura. Las plantas requieren del zinc en pequeñas pero críticas concentraciones para cumplir con varias funciones clave, incluyendo: funciones en la membrana, fotosíntesis, síntesis proteica y de fitohormonas (ejemplo: auxina), vigor de la plántula, formación de azúcares y defensas contra factores de estrés abióticos (ejemplo: sequías) y enfermedades. Aún cuando a una planta se le suministren macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y

agua), la deficiencia de zinc impide que las plantas alcancen su potencial productivo.

El zinc reduce la acumulación de cadmio en las plantas

Se sabe que el cadmio es un metal tóxico. Cuando se acumula en altas concentraciones en el cuerpo, puede causar severas consecuencias a la salud, como un incremento en el riesgo de fracturas óseas, daño pulmonar, disfunción renal e hipertensión. Los alimentos contaminados con cadmio son la ruta predominante para la acumulación de este metal pesado en los organismos que lo consumen. En muchos países, especialmente en Asia, donde varias estimaciones indican que la ingesta originada por el arroz contaminado, es la responsable del 40-45% del total de cadmio ingerido en poblaciones humanas de algunos países asiáticos. En los Estados Unidos, aproximadamente el 20% de la ingesta diaria de cadmio se deriva de los cereales. El arroz, trigo duro (pastas) y tubérculos (papas), también pueden acumular grandes cantidades de cadmio, ocasionando baja calidad de los alimentos cosechados y amenazando con exportar productos contaminados.

Cada vez existen más evidencias, que muestran que el zinc interfiere significativamente con la absorción y transporte del cadmio en la estructura de las plantas (metabolismo). El zinc y el cadmio son químicamente similares, y por lo tanto compiten por sitios de enlace y proteínas de células transportadoras de la planta. Cuando las plantas son deficientes en zinc, o cuando el medio de

crecimiento contiene poco zinc, absorben y transportan grandes cantidades de cadmio. Hay disponibles varios reportes que muestran que las plantas establecidas en condiciones de suelo deficiente en zinc, acumulan más cadmio en el grano u otras partes comestibles.

Las aplicaciones de zinc al suelo o foliares, son por lo tanto, muy útiles para reducir la acumulación de cadmio. Datos de Australia, Canadá y Turquía muestran una reducción significativa de la absorción de cadmio en la zona radicular y finalmente su concentración en el grano, después de aplicaciones de fertilizantes de zinc al suelo o foliares. Un ejemplo se muestra en la Tabla 2. Adonde se aplicó sulfato de zinc al suelo que redujo significativamente la acumulación de cadmio en el grano de semillas de lino y trigo mientras que la concentración de zinc se incrementó.

El zinc en los cultivos y la salud humana, el vínculo vital

El zinc es vital para muchas funciones biológicas en el cuerpo humano. Un cuerpo adulto contiene 2-3 gramos de zinc, presentes en todas las partes del cuerpo, incluyendo: órganos, tejidos, huesos, fluidos y células. El zinc es esencial para el funcionamiento correcto de

un gran número de proteínas y de más de 100 enzimas específicas (Andreini et al, 2006). El zinc también protege a células vegetales y de humanos del ataque dañino de los radicales libres que son muy tóxicos. La ingesta diaria de zinc recomendada para una mujer adulta es de 12 mg y para un hombre adulto es de 15 mg. “...se estima que la deficiencia de zinc afecta a aproximadamente un tercio de la población mundial... Globalmente, la deficiencia de zinc es responsable de aproximadamente 16% de las infecciones de las vías respiratorias, 18% de la malaria, y 10% de la diarrea... 800,000 muertes en el mundo fueron ocasionadas por la deficiencia de zinc.” – Reporte de salud mundial 2002, Organización Mundial de la Salud (OMS).

La deficiencia de zinc al inicio de la vida puede dañar el crecimiento y desarrollo físico y neurológico, funciones cerebrales, habilidades de memoria y aprendizaje. La deficiencia severa de zinc se caracteriza en provocar retraso en el desarrollo físico y sexual, inmunidad baja, enfermedades de la piel y anorexia. Además, se estima que la deficiencia de zinc es responsable de cerca de 450,000 muertes, o 4.4% de los niños menores a cinco años (UNICEF, Black et al, 2008). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la deficiencia de zinc es la quinta mayor causa de

| Tratamiento | Zn en Fert. | Concentración de Zn en grano | | Concentración de Cd en grano | |
|-------------|-------------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
| | | Lino (mg Zn/kg) | Trigo | Lino (µg kg-1) | Trigo |
| MAP | NO | 22 | 9 | 226 | 267 |
| MAP | SI | 39 | 27 | 136 | 90 |
| MAP+Cd | NO | 25 | 10 | 330 | 275 |
| MAP+Cd | SI | 42 | 31 | 211 | 165 |
| TSP | NO | 22 | 8 | 228 | 254 |
| TSP | SI | 41 | 27 | 138 | 112 |

TABLA 2: Efecto de la Concentración de Zinc en el Suelo en la Concentración de Zinc y Cadmio en el grano de Lino y de Trigo (Jiao et al 2004).

| | Solución | Desafío |
|----|--|--------------------------|
| 1 | Suministro de micronutrientes a los niños (Vitamina A y Zn) | Desnutrición |
| 2 | Agenda de desarrollo de Doha | Reglas de Comercio |
| 3 | Fortificación de micronutrientes (hierro y iodización de la sal) | Desnutrición |
| 4 | Cobertura de inmunización extensiva a los niños | Enfermedades |
| 5 | Biofortificación | Desnutrición |
| 6 | Desparasitación y otros programas de nutrición en las escuelas | Desnutrición y educación |
| 7 | Reducción del costo de la educación | Educación |
| 8 | Aumentar y mejorar la educación de las niñas | Rol de las Mujeres |
| 9 | Promoción nutricional en las comunidades | Desnutrición |
| 10 | Proveer asistencia a mujeres en edad reproductiva | Rol de las Mujeres |

Consenso Copenhague 2008

Tabla 3: Consenso Copenhague 2008: Los 10 Problemas más Importantes del Mundo

muerte y enfermedades en los países en desarrollo (OMS, 2002).

Los impactos globales en la salud han sido claramente identificados por el Consenso Copenhague (www.copenhagenconsensus.com), conformado por un grupo de ocho economistas líderes, incluyendo a cinco ganadores del premio Nobel.

En 2008, el Consenso declaró que, en términos de soluciones económicamente efectivas a los problemas más persistentes del mundo, proveer zinc y vitamina A debería ser la primera prioridad (de 40) (Tabla 3). El grupo también concluyó que el zinc y la vitamina A podrían ser suministradas al 80% anual, con beneficios resultantes (en términos de mejor salud, incremento en ganancias futuras y menos muertes) de más de US\$1,000 millones. Un retorno de US\$17 por cada dólar gastado.

En diversas regiones del Mundo, los cereales son la principal fuente de calorías, proteínas y minerales, en general cultivos producidos en suelos deficientes en zinc, y por ende son las regiones con carencia de zinc en los humanos.

En los países en desarrollo, los cereales proveen hasta el 70% de la ingesta de calorías. Por esta razón, el contenido de zinc en los principales cultivos básicos como trigo, arroz, maíz y frijol es de particular interés. Por consiguiente, hay una liga vital y directa entre la deficiencia de zinc en los suelos, cultivos y humanos en estas áreas. De hecho, un estudio en la India ha documentado el más bajo estatus de zinc (en el plasma sanguíneo) en gente que se alimenta de cereales con menor contenido de zinc, que viene de suelos deficientes (Singh, 2009).

Resolviendo la Deficiencia de zinc con fertilizantes de zinc

Aplicación de fertilizantes de zinc

La deficiencia de zinc se corrige de manera rutinaria con aplicaciones tanto al suelo como foliares. El sulfato de zinc (ZnSO₄) es la fuente inorgánica de zinc más usada debido a su alta solubilidad, bajo costo y disponibilidad en el mercado. También se puede aplicar zinc al suelo en forma de óxido y oxisulfato (preferentemente en suelos ácidos). El EDTA (ácido etilen diamin tetra acético) es un

compuesto orgánico bien conocido como fertilizante portador de zinc. Sin embargo, debido a su alto costo, su empleo en la agricultura es limitado. Adicionalmente, resultados recientes muestran que, en aspersiones foliares, el sulfato de zinc es más efectivo que el EDTA en términos del incremento de la concentración de zinc en el grano.

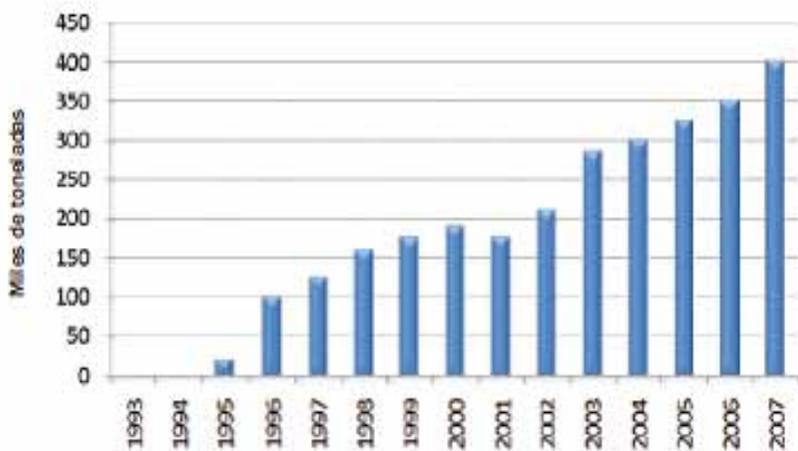
En general, el zinc aplicado como aspersión foliar se usa una dosis entre

0.2% a 0.5% de sulfato de zinc monohidratado. Este tipo de aplicación puede repetirse en dos o tres ocasiones durante el ciclo de crecimiento del cultivo, dependiendo de la severidad en la deficiencia de zinc en las plantas, o dependiendo del objetivo de incrementar la concentración de zinc en el grano, necesaria para una mejor nutrición humana.

Biofortificación Agronómica

Experimentos de campo con trigo mostraron que dos aplicaciones foliares de zinc, a razón de 0.5% en forma de sulfato, puede duplicar la concentración de zinc en el grano sin ningún efecto negativo en el rendimiento cuando se cultivan en suelos deficientes.

Un factor importante que afecta la aplicación de fertilizantes de zinc a los suelos es qué tan uniformemente se puede distribuir este micronutriente. Para asegurar la aplicación uniforme, el zinc se puede incorporar, o recubrir con él a los fertilizantes NPK mas comunes. Actualmente están disponibles en diferentes países, tanto el zinc incorporado (a los gránulos) o recubiertos con zinc, fertilizantes commodities de N, NP



Cakmak 2008

Figura 3: Uso de Fertilizantes NP y NPK con Zinc en Turquía

o NPK. Por ejemplo, se han producido y aplicado fertilizantes NP o NPK que contienen zinc en Sudáfrica por 25 años y en Turquía por 15 años. Las cantidades anuales de NP o NPK que contienen zinc aplicadas en Sudáfrica y Turquía representan alrededor de 500,000 t y 400,000 t, respectivamente.

En Sudáfrica, son producidas y aplicados fertilizantes que contienen zinc (al 0.5%); en Turquía, se usan fertilizantes que contienen 1% de zinc. Al agregar este micronutriente a los fertilizantes NP o NPK, se usa sulfato u óxido de zinc. En la mayoría de los casos, tanto el sulfato

como el óxido de zinc se aplican a razón de 20 a 100 kg por hectárea dependiendo del análisis del suelo.

Nuevas tecnologías

Recientemente la asociación internacional del Zinc (IZA) y el Centro Internacional de Desarrollo de fertilizantes (IFDC) se asociaron para impulsar una nueva tecnología de enriquecimiento de Zn (Zinc-Rich Core). La urea es el fertilizante más comúnmente usado, comprendiendo más de un tercio de todos los fertilizantes consumidos globalmente. Por lo tanto combinar zinc con urea (urea zincada) representa una forma ideal para aumentar el uso de fertilizantes con zinc para aumentar la productividad de los cultivos y mejorar la salud humana a través de una estrategia de intervención de nutrición más balanceada para los cultivos.

Sin embargo esta tecnología convencional posee tres problemas significativos: 1) Una inversión de capital significativa de infraestructura de aspersión en las plantas de urea, 2) Pérdidas del recubrimiento de zinc durante el transporte y manipuleo, y 3) Costos

operativos asociados con el uso de maquinaria de aspersión, lo que la convierte en un producto más caro para los productores.

La tecnología de enriquecimiento de zinc en los fertilizantes que procuran impulsar el IZA y el IFDC, implica sustituir lo que se llama la “semilla” de formación del granulo, una partícula muy pequeña normalmente de urea que sirve para iniciar la granulación en la manufactura de la urea, por una partícula de un compuesto de zinc “semilla”. Las capas de urea son así aplicadas encima del centro enriquecido de zinc para formar producir gránulos de tamaño normal (de 2 a 4 mm). Esta tecnología puede usarse para otros micronutrientes también, y soluciona todos los problemas identificados arriba asociados con la tecnología convencional de enriquecimiento.

En el primer año de pruebas en invernáculos, se demostró que la concentración de Zn en granos de arroz aumentó un 30% por encima de la urea sola y en 23% en trigo. Los rendimientos también aumentaron 17 % en arroz y 14 % en trigo, más que suficiente para cubrir los costos adicionales asociados con el costo de fortificación con zinc.

Ejemplos de la relación Beneficio/Costo de los fertilizantes de zinc

Están disponibles varios reportes publicados que muestran efectos significativos en la relación beneficio/costo en las aplicaciones de fertilizantes de zinc para agricultores con pocos recursos, especialmente en regiones donde se ha mostrado que los suelos deficientes de zinc son una preocupación mayor, como en la India (Tabla 4), Turquía, Pakistán y China:

Cerca del 50% de los suelos en la India son deficientes en zinc. El



Partícula de Urea conteniendo 3% de zinc en el centro de un granulo en sección transversal

análisis de aproximadamente 250,000 muestras de suelos y de 25,000 de plantas colectadas en la India indicaron que aproximadamente el 50% de las muestras de suelos y 45% de las plantas contenían niveles deficientes de zinc (Singh, 2007). Según Singh, se deben aplicar 325,000 toneladas de zinc anualmente hasta el año 2025 para mantener un estatus nutricional adecuado de zinc en los cultivos de la India.

Experimentos de campo en Pakistán mostraron que el enriquecimiento de las semillas con zinc, resultó en un marcado incremento del rendimiento y concentración de las semillas de trigo y garbanzo.

Según los cálculos, el incrementar la concentración de zinc en la semilla fue muy rentable y mejoró la relación beneficio/costo de 75:1 para el trigo y 780:1 para el garbanzo (Harris et al, 2008).

En China, se aplican comúnmente fertilizantes de zinc al maíz, arroz, trigo, soya y muchos cultivos hortícolas. Un estudio mostró que, cuando se agregó zinc a cinco diferentes tipos de cultivos, los rendimientos subieron entre 3.6% y 35.3% en trigo, arroz, soya, maíz y hasta de un 87.9% en naranja (Alloway, 2007).

En experimentos de campo, en cuatro variedades de trigo establecido bajo condiciones de riego en Turquía,

se incrementaron los rendimientos entre el 29% y el 355%, por la aplicación de fertilizantes con zinc, representando un promedio de incremento del 58%. Lo anterior señala que los ingresos promedio de las cuatro variedades de trigo fue de US\$477/ha. Calcular un incremento del 20%, puede ser más realista a largo plazo con el uso de fertilizantes de zinc, y el agricultor podría esperar ganancias adicionales en el orden de US\$123/ha (Phillips, 2006).

Conclusión

El Zinc es un micronutriente esencial para la salud, el desarrollo y el crecimiento normal de plantas, animales y seres humanos. Actualmente, se sabe que grandes áreas de tierra arable tienen deficiencia de zinc, ocasionando reducciones severas en la productividad de los cultivos y en la calidad nutricional de los alimentos. Todavía en muchos países, la deficiencia de zinc no se reconoce o se le da un menor valor, y no es atendida. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de entender y corregir la deficiencia para poder contribuir tanto a la producción y productividad de cultivos y su impacto en la salud de los seres humanos. El zinc también es particularmente importante para que las plantas de cultivo sean más tolerantes ante los diferentes factores de estrés tales como sequía, calor y salinidad.

La aplicación de fertilizantes de zinc al suelo y/o al follaje, ofrece una solución y es altamente efectiva a los problemas de deficiencia de zinc en los cultivos y en el aumento de las concentraciones de zinc en los alimentos. Esta estrategia previene en gran medida la pérdida innecesaria de producción de alimentos y ayuda a mejorar la salud pública. Por ejemplo, el enriquecimiento de los granos de arroz y trigo con zinc, puede salvar las vidas de hasta 48,000 niños anualmente en la India (Stein et al, 2007).

Para millones de personas alrededor del mundo, unos cuantos miligramos extra de zinc cada día pueden hacer la diferencia entre enfermedad o muerte y una vida saludable y productiva.

Asegurando que los cultivos tengan un suministro adecuado de zinc, podemos ayudar a tratar este problema global proporcionando beneficios económicos, sociales y de salud significativos.

Disponibilidad de Zinc en los suelos de la Región Pampeana

Varios estudios locales han investigado la disponibilidad de este micronutriente en la región más productiva de granos del país. Recientemente una revisión apuntó a recolectar evidencias y coordinarlas para explicar la prevalencia del problema en lotes de producción así como su distribución geográfica que de soporte a la abrumadora frecuencia de respuestas en maíz al agregado de este micronutriente evaluado en experimentos. Pocos experimentos hay sin embargo con soja, trigo o girasol. En cambio, dada la similar sensibilidad del arroz a la deficiencia de zinc, son bastante comunes las prácticas de aplicar Zn por recubrimiento de semillas o por pulverización, si bien la zona productora de arroz no se superpone con la de los típicos granos pampeanos.

La revisión evaluó bases de datos de análisis de suelos (Laboratorio Suelo Fértil y Tecnoagro) y foliares. Las 2780 muestras de lotes de producción, se agruparon según el nivel crítico más aceptado para el extractante usado: DTPA (1.0 mg Zn kg⁻¹). La base de datos de indicadores de nutrición provino de un relevamiento de 125, 48, 233 y 133 muestras foliares de soja, trigo, maíz y girasol respectivamente, que se compararon con los estándares de suficiencia.

La tabla 1 indica que cerca de dos tercios de los lotes de producción pueden dar respuestas a la aplicaciones de Zn (63 a 37 %), con importantes diferencias entre regiones. La Mesopotamia es la que ofrece la proporción más frecuente de deficiencias.

El relevamiento de muestras foliares indica en la tabla 2, una distribución de frecuencia que varía según el cultivo, pero sugiere que una superficie importante, sobre todo la cultivada con maíz y soja, podría haber rendido más si se hubiera satisfecho la deficiencia.

| Región | Debajo del NC | Arriba de NC % of muestras | N | Laboratorio |
|-------------------------|---------------|-------------------------------|------|-------------|
| N Buenos Aires | 59 | 41 | 1353 | ACA |
| S Santa Fe | 71 | 29 | 741 | ACA |
| SE Córdoba | 75 | 25 | 129 | ACA |
| Mesopotamia | 85 | 15 | 179 | TecnoAgro |
| Bs.As., S. Fe y Córdoba | 44 | 56 | 378 | TecnoAgro |
| Media ponderada | 63 | 37 | 2780 | |

Tabla 1. Proporción de muestras en relación al nivel crítico de Zn disponible (1.0 mg Zn kg⁻¹ DTPA).

| Cultivo (n) | Nivel Crítico mg Zn kg ⁻¹ | Mediana | % < NC |
|---------------|---|---------|--------|
| Soja (125) | 21 | 23 | 45 |
| Trigo (48) | 15 | 28 | 37 |
| Maíz (233) | 25 | 37 | 55 |
| Girasol (133) | 13 | 27 | 15 |

Tabla 2. Proporción de muestras en relación al nivel crítico de Zn foliar [Jones et al. 1990 y Blamey et al 1976 (Girasol)].

Las respuestas observadas a la aplicación de zinc se resumen en la tabla 3, y comprenden dos conjuntos de ensayos en maíz conducidos en varios sitios-años. En el primero (1997-2001) el zinc se aplicó como oxisulfato granular a la siembra (2 a 6 kg Zn ha⁻¹) en 14 localidades-año, y en el segundo conjunto de ensayos conducidos entre (2004 y 2010), se evaluó la respuesta al Zn aplicado por tres métodos diferentes: recubriendo la semilla (12), aspersiones foliares (16), y aplicados al suelos entre la siembra y V-6 (4).

Si se consideran que en cerca del 60 % del área sembrada con maíz podría obtenerse entre el 5 y el 15 % de aumento de rendimiento, el valor económico resultante podría pagar con creces un programa de estímulo al uso de este micronutriente.

| Experimentos | | Ferraris et al (2004-2010) | | | Melgar et al (1997-2001) |
|----------------------|------|----------------------------|---------------|-------------|--------------------------|
| Método de Aplicación | | Semilla (n=12) | Foliar (n=16) | Suelo (n=4) | Suelo (n=14) |
| (kg maíz ha-1) | | | | | |
| Control | - Zn | 9,416 | 10,319 | 10,972 | 9,505 |
| | + Zn | 9,814 | 11,931 | 11,974 | 10,267 |
| Aumento de rinde | | 4% | 16% | 9% | 8% |

Tabla 3. Resumen de los resultados de ensayos de campo en maíz

Finalmente una buena estimación de la distribución geográfica del problema se rescata del trabajo de Rivero y Cruzate (2008) adonde los indicadores de disponibilidad fueron confrontados y comparados con la demanda calculada de Zn de los cultivos a partir del Zn exportado de los suelos como función del rendimiento de los cultivos principales y la concentración típica de Zn en el grano. Usando estadísticas oficiales de producción para estimar la exportación de Zn y sobreponiéndola con la disponibilidad, con tecnologías de SIG se generó un mapa de probabilidad de respuesta al Zn (Figura 1).

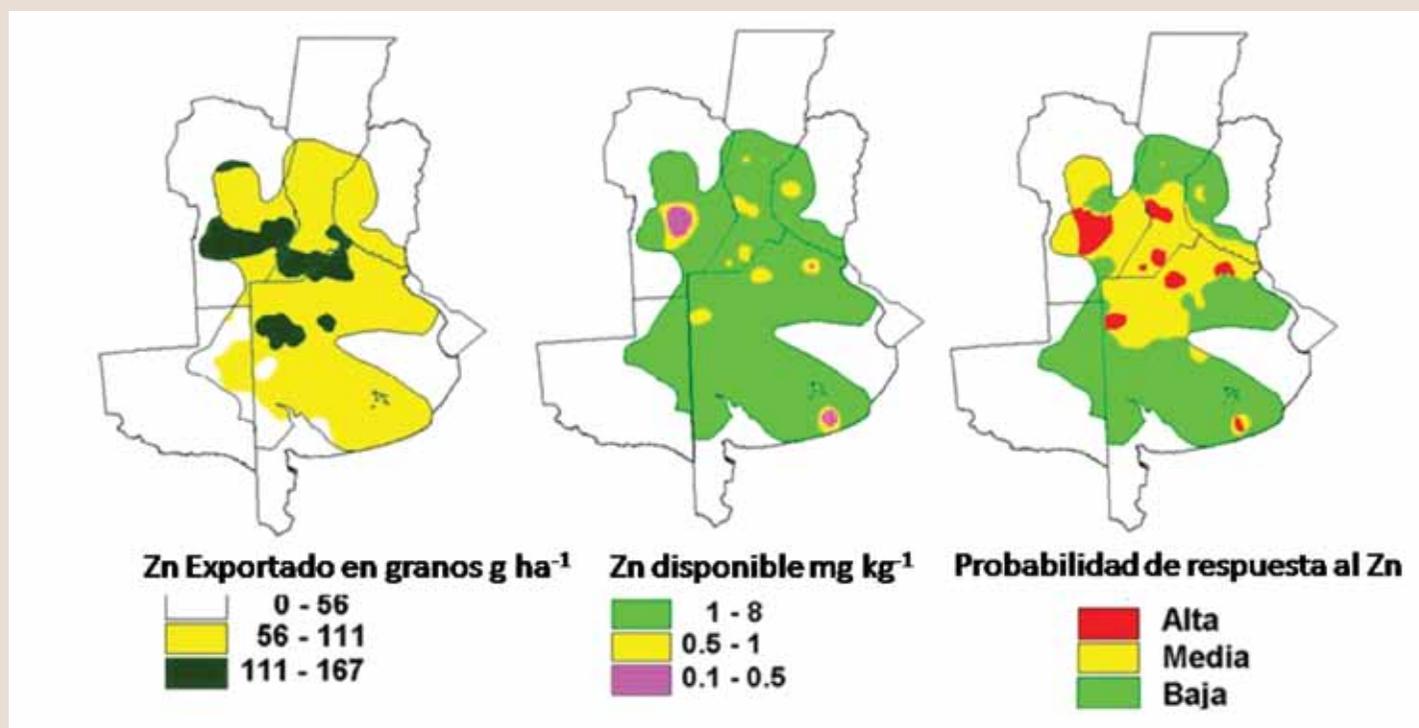


Figura 1. Mapa de probabilidad de respuesta a la aplicación de zinc (derecha) generados a partir de exportación de Zn por la producción de granos (izquierda) y la disponibilidad de Zn en el suelo en 71 muestras (centro) (Rivero et al, 2008).

NOVEDADES & EVENTOS

Maíz, buen margen y buen impacto sobre el recurso suelo

En una reunión de prensa, Fertilizar analizó, junto a referentes del sector, la situación de la campaña local de maíz 2011/ 2012 y el efecto que la implantación de este cultivo tiene sobre la sustentabilidad del recurso suelo. “Las relaciones de precio insumo-producto son mejores que las promedio y la estabilidad de rendimientos de las últimas campañas apuntan a que el maíz sea hoy un cultivo de alta rentabilidad, superando aún a la soja de primera en zona núcleo”, dijo Pablo Pussetto, Presidente de Fertilizar. “Pero el maíz además tiene un efecto positivo sobre la calidad del suelo que repercute en el rendimiento de los cultivos subsiguientes”, agregó el directivo.

El directivo hizo hincapié en la relación Insumo/Producto, medida como cantidad de tn de maíz necesarias para comprar una tn de urea o MAP. En este sentido, destacó que es favorable, ya que se encuentra por debajo de la del año pasado y fundamentalmente respecto del promedio de los últimos cuatro años. Esto significa que la inversión en tecnología de fertilización, proporcionará una rentabilidad muy atractiva y además que es una oportunidad para pensar en reponer nutrientes de baja movilidad en el suelo como son el fósforo y el azufre. Este análisis se desprende de los precios que el cereal viene tomando sostenidamente desde finales del 2010 y superiores a los de los últimos tiempos.

Para completar la ecuación favorable para este cultivo, el Ing. Pussetto mostró la evolución del Margen Bruto para Maíz, el cual se presenta similar al de finales de 2010 y está por encima del promedio de los últimos cuatro años. Luego compartió cuál es el margen bruto de maíz más 4 quintales de soja – estos 4 qq representan el rendimiento incremental que la soja ha demostrado en numerosos ensayos cuando su cultivo antecesor fue maíz – en comparación con el de una soja sobre soja, siendo el primero significativamente favorable. “Tenemos que hacer bien los números del margen de maíz, esto significa ponderar el rendimiento incremental en los cultivos

sucesores y tomar para el cálculo de rendimiento, los valores que hoy el paquete tecnológico permite alcanzar y no cifras históricas”.

Del encuentro también participó la Ing. Graciela Cordone de INTA Casilda que recalcó el efecto que tiene el maíz sobre el recurso suelo con ejemplos contundentes y sostuvo que “existe un costo social y uno privado por no rotar. Para continuar produciendo soja y conservar el suelo se necesita rotar con cultivos que fijen carbono y lo incorporen arriba y adentro del suelo. Será clave también pensar en alternativas para agregar Nitrógeno en secuencias sojeras; incrementar la fertilización de fósforo, azufre y otros nutrientes para sostener rendimientos crecientes y, por último, modificar la actual ley de arrendamientos”.

Al cierre de la jornada el Ing. Agr. Francisco Farras, productor agropecuario y asesor técnico en la Cooperativa Agrícola Ganadera de Ascensión (Prov. De Buenos Aires), explicó cómo logró ser exitoso en base a un sistema mixto de producción, donde la ganadería supo complementarse con la producción secuenciada de maíz, trigo y soja. “Cuando se aplica la totalidad del paquete tecnológico que los productores tenemos a nuestra disposición, es absolutamente factible lograr buenos resultados y fomentar rendimientos sustentables en el tiempo”, relató.



Fertilizar y el IPCVA

En el marco de los ensayos de Fertilización de Pasturas que ha comenzado a desarrollar Fertilizar junto con el IPCVA (Instituto para la Promoción de la Carne Vacuna), el 15 de septiembre pasado, miembros de la entidad participaron de la primera Jornada a Campo donde se visitó el ensayo de Fertilización de Pasturas realizado en el campo el Establecimiento "San Andres", en Posadas, provincia de Misiones. El productor y asesor del campo presentó los resultados del ensayo de Fertilización y el Ing. Agr. Ricardo Melgar dio una charla sobre fertilización de pasturas y la rentabilidad de esta tecnología en el contexto actual.



**ENTRE TODOS
LO HICIMOS POSIBLE**

Empresarios Productores Operarios Editores
Profesionales Políticos Estudiantes
Veterinarios Periodistas Televidentes Diseñadores
Asistentes Camarógrafos Dirigentes Agricultores
Locutores Peones Ganaderos Tamberos
Proveedores Fabricantes



SEMBRANDO^{TV}
FEDERAL 1995 - 2010

GRACIAS!!!

Un producto de:

SEMBRANDO
www.sembrando.com.ar



www.amanecerrural.com está pensado como un portal de consulta diaria, que ofrece al usuario, de forma fácil e integrada, el acceso a una gran cantidad, calidad y variedad de información agropecuaria.



- El Campo Hoy
- Revista Agropecuaria
- Sección Remates
- División Capacitando
- División Publicaciones
- Sección Eventos
- División Servicios
- Guía de proveedores y Clasificados
- Meteorología
- Mercados

Oficinas Amanecer Rural: Salta 108 - Resistencia, Chaco. Tel/Fax: 03722 444 507 - avisos@amanecerrural.com

TodoAgro

El camino más directo para llegar al campo

TodoAgro Eventos

*Jornadas intensivas de capacitación.
Lechería . Cultivos Especiales. Alfalfa.
Tour Lechero. Riego. Trigo. soja.
Sorgo. Ganadería.*

TodoAgro

*10.000 ejemplares impresos por tirada.
Distribución en más de 200 poblaciones de la zona núcleo pampeana.*



TodoAgro.com.ar

*El portal líder en internet.
Más de 120.000 contactos.
Boletines diarios.*



TodoAgro TV

Programas especiales en horario central de Canal Rural Satelital, y en cables zonales de Córdoba y Santa Fe.



Súmese a este camino

todoagro@todoagro.com.ar
info@todoagro.com.ar
54 0353 4536239 / 4613 68 / 154 196 618
Belgrano 427 - 5900 Villa María
Córdoba - República Argentina



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

Para alcanzar el potencial productivo
de sus cultivos y conservar
el recurso suelo, **FERTILICE.**